



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

PROYECTO FINAL

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

Capítulo 0: Resumen Ejecutivo	23
1. Resumen Ejecutivo	25
2. Distribución de los capítulos	26
Capítulo I: Introducción	27
1. Elección del proyecto	29
2. Descripción del producto	30
3. Descripción de las materias primas principales	31
3.1. Almidón	31
3.1.1. Estructura del almidón nativo	31
3.1.2. Almidón modificado por entrecruzamiento	32
3.2. Cáscara de arroz – Lignina	33
3.2.1. Cáscara de arroz	33
3.2.2. Lignina	33
3.3. Glicerina	34
4. Elección del proceso	35
5. Bibliografía	36
Capítulo II: Estudio de Mercado	38
1. Objetivo	41
2. Importaciones	41
2.1. Proyecciones	44
2.2. Empresas importadoras	45
3. Producción nacional de polietileno	46
4. Materias primas	48
4.1. Almidón de maíz	48
4.2. Glicerina	50

4.3. Cáscara de arroz	53
5. Conclusión.....	54
6. Bibliografía	55
Capítulo III: Ubicación de la planta	56
1. Objetivo	62
2. Macroubicación.....	62
2.1. Materia prima.....	62
2.1.1. Cáscara de arroz	63
2.1.2. Almidón de maíz	65
2.1.3. Glicerina	68
2.2. Disponibilidad de agua.....	70
2.2.1. Aguas Superficiales.....	70
2.2.2. Aguas Subterráneas	73
2.3. Energía.....	76
2.3.1. Electricidad	76
2.3.2. Gas	79
2.3.3. Mano de Obra	83
2.4. Vías de Comunicación	86
2.4.1. Rutas	86
2.4.2. Ferrocarriles	89
2.5. Mercado	90
2.6. Parques Industriales	91
2.7. Clima	93
2.7.1. Inundaciones.....	93
2.7.2. Sismos	95
2.8. Marco Legal	96
2.8.1. Promoción Industrial	96
2.8.2. Normativas Ambientales.....	97

3. Matriz de Macroubicación	101
4. Microubicación	102
4.1. Materia prima	104
4.1.1. Departamento La Capital.....	104
4.1.2. Departamento Las Colonias	105
4.1.3. Departamento Rosario	106
4.2. Terreno	107
4.2.1. Departamento La Capital.....	107
4.2.2. Departamento Las Colonias	107
4.2.3. Departamento Rosario	107
4.3. Mano de obra	108
4.3.1. Cantidad de población	108
4.3.2. Nivel de formación alcanzado	109
4.4. Vías de comunicación	109
4.4.1. Departamento La Capital.....	109
4.4.2. Departamento Las Colonias	110
4.4.3. Departamento Rosario	111
4.5. Mercado	112
5. Matriz de Microubicación	112
5.1. Parque Industrial Oficial de Desarrollo Sauce Viejo	113
5.2. Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM	113
5.3. Área Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Santa Fe (Los Polígonos)	114
5.4. Conclusión	115
6. Bibliografía	117
Capítulo IV: Descripción del Proceso	119
1. Objetivo	122
2. Descripción general	122

3. Obtención de lignina.....	124
3.1. Molienda.....	124
3.2. Pre-tratamiento ácido.....	124
3.3. Centrifugación.....	125
3.4. Deslignificación.....	126
3.5. Enfriamiento.....	127
3.6. Centrifugación.....	127
3.7. Evaporación de etanol.....	128
3.8. Condensación de etanol.....	128
3.9. Precipitación de lignina.....	128
3.10. Centrifugación.....	129
3.11. Diagrama de bloques y equipos.....	129
4. Modificación de almidón de maíz.....	131
4.1. Reacción de entrecruzamiento.....	131
4.2. Centrifugación.....	132
4.3. Tratamiento térmico.....	133
4.4. Molienda.....	133
4.5. Mezclado en línea y transporte.....	134
4.6. Diagrama de bloques y equipos.....	134
5. Formación de polímero biodegradable.....	136
5.1. Extrusión.....	136
5.2. Pelletizado.....	137
5.3. Empaquetado.....	138
5.4. Diagrama de bloques y equipos.....	138
6. Tratamiento de efluentes.....	139
6.1. Diagrama de bloques y equipos.....	140

7. Lavador de gases.....	141
8. Bibliografía	142
Capítulo V: Investigación y desarrollo	144
1. Introducción.....	148
1.1. Componente A	148
1.2. Componente B.....	149
1.3. Componente C	149
1.4. Componente D	149
1.5. Componente E.....	150
2. Objetivo	150
3. Obtención de lignina a partir de cáscara de arroz	151
3.1. Molienda	151
3.2. Pre-tratamiento ácido	151
3.3. Filtración	153
3.4. Deslignificación.....	154
3.5. Filtración	158
3.6. Evaporación del etanol	159
3.7. Precipitación de lignina	160
3.8. Separación de la lignina precipitada.....	161
4. Modificación de almidón de maíz	163
4.1. Reacción de entrecruzamiento	163
4.2. Filtración	166
4.3. Secado y tratamiento térmico	166
4.4. Medición de materia orgánica	167
5. Formación del biopolímero	169
6. Conclusiones	170

7. Bibliografía	172
Capítulo VI: Balances de masa y energía.....	173
1. Objetivo	178
2. Generalidades	178
3. Obtención de lignina.....	179
3.1 Balances de masa de corrientes primarias	179
3.1.1. Centrifugación 3	180
3.1.2. Precipitación de lignina.....	180
3.1.3. Centrifugación 2	180
3.1.4. Deslignificación.....	180
3.1.5. Centrifugación 1	180
3.1.6. Pre-tratamiento ácido.....	181
3.2. Balances de masa de corrientes secundarias.....	181
3.2.1. Pre-tratamiento ácido.....	182
3.2.2. Centrifugación 1	183
3.2.3. Deslignificación.....	185
3.2.4. Centrifugación 2	186
3.2.5. Primera evaporación de etanol	188
3.2.6. Segunda evaporación del etanol	189
3.2.7. Condensación del etanol	189
3.2.8. Precipitación de lignina.....	189
3.2.9. Centrifugación 3	191
4. Modificación de almidón de maíz	193
4.1. Balances de masa de corrientes principales	193
4.1.1. Centrifugación.....	193
4.1.2. Reacción de entrecruzamiento.....	194
4.2. Balances de masa de corrientes secundarias.....	195

4.2.1. Reacción de entrecruzamiento.....	195
4.2.2. Centrifugación.....	196
4.2.3. Secado y tratamiento térmico	197
5. Glicerina	198
6. Formación del polímero biodegradable.....	198
7. Balances de energía	200
7.1. Obtención de lignina	200
7.1.1. Pre-tratamiento.....	200
7.1.2. Deslignificación.....	201
7.1.3. Enfriamiento	203
7.1.4. Primera evaporación de etanol	205
7.1.5. Segunda evaporación del etanol	206
7.1.6. Condensación del etanol	206
7.2. Modificación de almidón de maíz	207
7.2.1. Secado y tratamiento térmico	207
7.3. Formación del polímero	208
7.3.1. Extrusión	208
7.3.2. Enfriamiento	208
7.4. Resumen de fluidos térmicos	209
8. Bibliografía	210
Capítulo VII: Diseño de Equipos.....	211
1. Objetivo	223
2. Almacenamiento.....	223
2.1. Silos de almacenamiento D-S-01 y D-S-02.....	223
2.2. Depósito de STPP y Na ₂ SO ₄	224
2.3. Depósito de cáscara de arroz	225
2.4. Tanque de almacenamiento D-TK-01	225

2.5. Tanque de almacenamiento D-TK-02	227
2.6. Tanque de almacenamiento D-TK-03	228
2.7. Tanque de almacenamiento D-TK-04	229
2.8. Tanque de reserva D-TK-05.....	230
2.9. Tanque ecualizador D-TK-06	230
2.10. Tanque de almacenamiento D-TK-08.....	231
2.11. Depósito de polímero biodegradable	232
2.12. Recinto de tanques de almacenamiento	232
3. Obtención de lignina	234
3.1. Molino L-M-01	234
3.1.1. Especificaciones técnicas.....	235
3.2. Mezclador L-ME-01.....	236
3.2.1. Especificaciones técnicas.....	239
3.3. Reactor L-R-01	239
3.3.1. Dimensionamiento	239
3.3.2. Presión de diseño.....	240
3.3.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	240
3.3.4. Cabezal y fondo.....	244
3.3.5. Cálculo del agitador	245
3.3.6. Sistema de calentamiento	247
3.3.7. Especificaciones técnicas.....	251
3.4. Centrífuga de discos L-CD-01	252
3.4.1. Especificaciones técnicas.....	253
3.5. Reactor L-R-02	254
3.5.1. Dimensionamiento	254
3.5.2. Presión de diseño.....	255
3.5.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	255
3.5.4. Cabezal y fondo.....	256

3.5.5. Cálculo del agitador	257
3.5.6. Sistema de calentamiento	259
3.5.2. Especificaciones técnicas	262
3.6. Tanque L-TK-01	263
3.6.1. Dimensionamiento	263
3.6.2. Presión de diseño	264
3.6.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	264
3.6.4. Cálculo del agitador	265
3.6.5. Sistema de enfriamiento	266
3.6.6. Área de transferencia	268
3.6.7. Especificaciones técnicas.....	269
3.7. Centrífuga de discos L-CD-02.....	270
3.7.1. Especificaciones técnicas.....	271
3.8. Evaporador L-EV-01	272
3.8.1. Dimensionamiento	272
3.8.2. Cálculo de los coeficientes peliculares.....	277
3.8.3. Coeficientes globales de transferencia de calor.....	282
3.8.4. Especificaciones técnicas.....	283
3.9. Evaporador L-EV-02	284
3.9.1. Dimensionamiento	285
3.9.2. Cálculo de los coeficientes peliculares.....	289
3.9.3. Coeficientes globales de transferencia de calor.....	292
3.9.4. Especificaciones técnicas.....	293
3.10. Condensador L-C-01	294
3.10.1. Dimensionamiento	295
3.10.2. Cálculo del coeficiente pelicular h_{i0}	298
3.10.3. Zona de calor latente.....	299
3.10.4. Zona de calor sensible	305

3.10.5. Área total de transferencia.....	306
3.10.6. Pérdida de carga	306
3.10.7. Especificaciones técnicas	308
3.11. Mezclador L-MD-01	309
3.11.1. Especificaciones técnicas	311
3.12. Centrífuga de discos L-CD-03	312
3.12.1. Especificaciones técnicas	313
3.13. Transportador de tornillo L-TT-01	313
3.13.1. Porcentaje de carga	314
3.13.2. Capacidad seleccionada	316
3.13.3. Potencia del motor	317
3.13.4. Potencia por el material corregida.....	320
3.13.5. Especificaciones técnicas	321
4. Modificación del almidón de maíz	322
4.1. Reactor A-R-01	322
4.1.1. Dimensionamiento	322
4.1.2. Presión de diseño.....	323
4.1.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	323
4.1.4. Cabezal y fondo.....	324
4.1.5. Cálculo del agitador	325
4.1.6. Especificaciones técnicas.....	327
4.2. Centrífuga A-CT-01	328
4.2.1. Especificaciones técnicas.....	329
4.3. Secador A-SR-01.....	330
4.3.1. Especificaciones técnicas.....	334
4.4. Molino A-MR-01	335
4.4.1. Especificaciones técnicas.....	336
4.5. Mezclador A-MD-01.....	336

4.5.1. Especificaciones técnicas.....	338
4.6. Transportador de tornillo A-TT-01.....	339
4.6.1. Porcentaje de carga.....	339
4.6.2. Capacidad seleccionada	341
4.6.3. Potencia del motor.....	341
4.6.4. Potencia por el material corregida.....	344
4.6.5. Especificaciones técnicas.....	344
5. Formación del polímero biodegradable.....	345
5.1. Extrusoras P-E-01 y P-E-02	345
5.1.1. Especificaciones técnicas.....	347
5.2. Pelletizadora P-P-01.....	348
5.2.1. Especificaciones técnicas.....	350
5.3. Empaquetadora P-EM-01	351
5.3.1. Especificaciones técnicas.....	353
6. Bibliografía	354
7. Anexos.....	356
7.1. Anexo I: Plano de Mezclador estático en línea Koflo	356
7.2. Anexo II: Hoja de especificaciones de la centrífuga de discos Alfa Laval Clara 80 (L-CD-01)	357
7.3. Anexo III: Hoja de especificaciones del mezclador dinámico INDAG DLM/H (L-MD-01)	358
7.4. Anexo IV: Hoja de especificaciones del secador de rodillos Katsuragi (A-SR-01).....	359
7.5. Anexo V: Hoja de especificaciones del mezclador dinámico IKA MHD 2000/05 (A-MD-01).....	360
7.6. Anexo VI: Hoja de especificaciones de la pelletizadora MAAG (P-PE-01/02)	360
Anexo VII: Módulo de Tratamiento de Efluentes	361
1. Objetivo	363
2. Caracterización del efluente.....	363
3. Tratamiento del efluente	364

3.1 Tanque ecualizador D-TK-06	364
3.2 Módulo de tratamiento de efluentes	364
3.2.1 Secciones del módulo de tratamiento	365
4. Bibliografía	368
Anexo VIII: Esquema de Control	369
1. Objetivo	372
2. Esquema de control general	372
2.1 Funcionamiento.....	373
2.1.1. Control de llenado del Tanque D-TK-04	373
2.1.2. Control de caudal hacia el Reactor de Deslignificación L-R-02	373
2.1.3. Control de nivel en el Condensador L-C-01.....	373
2.1.4. Protección de la bomba B-02	374
2.1.5. Instrumentos	374
3. Esquema de control de caudal de etanol.....	377
3.1. Principio de funcionamiento.....	377
3.2. Dimensionamiento de la línea	378
3.3. Dimensionamiento de la placa orificio	379
3.4. Elemento transmisor	382
3.5. Controlador y elemento final de control	384
3.5.1. Controlador.....	385
3.5.2. Elemento final de control	387
4. Bibliografía	388
Capítulo VIII: Servicios Auxiliares	390
1. Objetivo	392
2. Vapor	392
3. Nitrógeno	393

4. Aire comprimido	395
5. Fluido térmico	397
6. Agua para de calderín.....	398
7. Gas natural	399
8. Electricidad y grupo electrógeno.....	400
9. Equipos de bombeo y válvulas	401
10. Aislamiento térmico de tuberías y accesorios.....	402
11. Bibliografía.....	405
Capítulo IX: Lay Out.....	406
1. Objetivo	410
2. Características del terreno	410
3. Lay out	411
4. Zonas de la planta	416
4.1 Zona A: Proceso	416
4.1.1. Planta de proceso.....	416
4.2. Zona B: Almacenamiento.....	416
4.2.1. Depósito	416
4.3. Zona C: Tanques	417
4.3.1. Tanque de almacenamiento para NaOH.....	417
4.3.2. Tanque de almacenamiento de H ₂ SO ₄	417
4.3.3. Tanque de almacenamiento de glicerina	417
4.3.4. Tanque de Reserva de Agua	417
4.3.5. Tanque de Etanol	417
4.3.6. Tanque de Celulosa	417
4.3.7. Tanque de Efluentes	418
4.3.8. Tanque de Agua contra incendio	418
4.4. Zona D: Sala de Control	418

4.5. Zona E: Mantenimiento	418
4.6. Zona F: Sala de Bombas.....	418
4.7. Zona G: Carga y Descarga	418
4.8. Zona H: Laboratorio de control de calidad	419
4.9. Zona I: Oficinas	419
4.10. Zona J: Comedor	419
4.11. Zona K: Vestuario y sanitarios	419
5. Dimensionamiento de zonas de proceso	420
5.1. Zona A.....	420
5.1.1. Proceso de almidón modificado.....	420
5.1.2. Proceso de obtención de lignina.....	420
5.1.3. Proceso de plastificación	421
6. Puestos de trabajo	421
6.1. Gerencia general	421
6.1.1. Gerencia de Recursos Humanos.....	421
6.1.2. Gerencia Comercial.....	421
6.1.3. Gerencia de Contabilidad y Finanzas	422
6.1.4. Gerencia de Gestión de Calidad y Medio Ambiente	422
6.1.5. Gerencia de Logística y Distribución	423
6.1.6. Gerencia de Producción.....	423
7. Organigrama	423
7.1. Descripción del organigrama	425
7.1.1. Diagrama de operaciones.....	426
7.1.2. Verificación de Valores de FOT – FOS y Factor de Ocupación	429
8. Bibliografía	430
Capítulo X: Sistema de Gestión Integral.....	431

1. Objetivo	435
2. Introducción.....	435
2.1. Sistema de Gestión de Calidad: Normas ISO 9001	436
2.2. Sistema de Gestión Ambiental: Norma ISO 14001	437
2.3. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: Norma ISO 45001.....	438
3. Política del Sistema Integrado de Gestión	438
4. Mapa de Procesos	440
4.1. Esquemas de mapas de procesos	442
5. Análisis FODA	443
5.1. Análisis Externo: Oportunidades y Amenazas.....	443
5.1.1. Aspectos Legales y Regulatorios.....	444
5.1.2. Análisis de Mercado	444
5.1.3. Análisis de la Industria.....	444
5.1.4. Análisis de la Competencia	445
5.1.5. Análisis de los Clientes	445
5.1.6. Análisis de los Proveedores	445
5.2. Análisis Interno: Debilidades y Fortalezas.....	445
5.2.1. Aspectos de la cadena de valor	445
5.2.2. Análisis de las capacidades internas.....	446
5.3. Matriz FODA y acciones a futuro.....	446
5.3.1. Cuadrante FO – Potencialidades	446
5.3.2. Cuadrante DO – Desafíos	447
5.3.3. Cuadrante FA – Riesgos	447
5.3.4. Cuadrante DA – Limitaciones.....	447
6. Implementación del SGI	449
6.1. Primera etapa de implementación del SGI.....	449

6.2. Segunda etapa de implementación del SGI.....	449
6.3. Organización del proceso de implementación.....	450
6.3.1. Funciones del Comité Guía del SGI	450
6.3.2. Funciones del responsable del SIG	450
6.4. ISO 9001	450
6.5. ISO 14001	451
6.6. ISO 45001	452
7. Identificación, Evaluación y Determinación de los Riesgos de Calidad	453
7.1. Riesgos de calidad.....	453
7.2. Documentación	454
7.3. Manual de Gestión	454
7.4. Procedimientos generales	455
7.5. Registros	457
7.6. Plan de respuesta ante emergencias.....	457
7.7. Otros planes.....	459
8. Bibliografía	460
Capítulo XI: Evaluación de Impacto Ambiental.....	461
1. Introducción.....	465
2. Objetivo	465
3. Evaluación ambiental de la zona de emplazamiento.....	465
3.1 Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM	466
4. Caracterización del proyecto	471
4.1. Etapas del proyecto	471
4.1.1. Residuos y efluentes generados durante la etapa de construcción	471
4.1.2. Residuos, efluentes y otros contaminantes generados durante el proceso de operación de la planta.....	472
4.1.3. Residuos y efluentes generados durante el proceso de cierre de la planta.....	475

4.2. Pasivos ambientales	476
4.3. Uso del agua.....	476
5. Marco Legal Ambiental	477
5.1. Normativa de ámbito de aplicación nacional.....	477
5.2. Normativa de ámbito de aplicación provincial.....	477
5.3. Normativa de ámbito de aplicación municipal.....	478
6. Plan de contingencias.....	478
6.1. Propósitos y objetivos.....	478
6.2. Análisis de riesgo	479
6.2.1. Determinación de las situaciones.....	480
6.2.2. Determinación de la incidencia	480
6.2.3. Determinación del tipo	480
6.2.4. Criterios de probabilidad de ocurrencia.....	481
6.2.5. Determinación de la severidad de ocurrencia	481
6.2.6. Evaluación de riesgos.....	482
6.3. Grado de significación	482
7. Identificación de los impactos ambientales	482
7.1. Etapa de construcción	483
7.2. Etapa de operación	484
7.3. Etapa de cierre.....	486
8. Evaluación de impactos y medidas mitigatorias	486
8.1. Medidas de mitigación	486
8.2. Medidas mitigatorias para neutralizar los impactos negativos en el proyecto	487
8.3. Valoración cualitativa de los impactos	488
8.3.1. Signo del impacto	488
8.3.2. Incidencia	488

9. Matriz de impacto ambiental	489
9.1. Etapa de construcción	492
9.2. Etapa de operación	493
9.3. Etapa de cierre.....	494
10. Conclusiones	495
11. Bibliografía	496
12. Anexos	498
12.1. Anexo I: Ley 25.675: Ley general del ambiente	498
12.2. Anexo II: Ley 25.612: Gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicios.....	513
12.3. Anexo III: Resolución N° 1089/82: Reglamento para el control de vertimiento de líquidos industriales	
525	
Capítulo XII: Seguridad e Higiene en el trabajo	536
1. Introducción	542
2. Ley N° 19587 de Seguridad e Higiene en el trabajo	542
2.1. Aspectos generales	542
2.1.1. Método de implementación.....	542
2.1.2. Obligaciones del empleador	544
2.1.3. Obligaciones del empleado.....	545
2.2. Reglamentaciones de las condiciones de higiene.....	545
2.2.1. Desagües industriales.....	545
2.2.2. Carga térmica	545
2.2.3. Contaminación ambiental	546
2.2.4. Ventilación.....	546
2.2.5. Iluminación y color.....	546
2.2.6. Ruidos y vibraciones.....	547
2.3. Reglamentaciones de las condiciones de seguridad	547

2.3.1. Instalaciones eléctricas	547
2.3.2. Trabajos y maniobras en instalaciones con tensión	547
2.3.3. Elementos de protección	548
2.3.4. Protección contra riesgos de contacto directo	548
2.3.5. Protección contra riesgos de contacto indirecto	548
2.3.6. Máquinas y herramientas	548
2.3.7. Aparatos que puedan desarrollar presión interna	549
2.3.8. Elementos de protección personal.....	549
2.4. Capacitación.....	550
3. Protección contra incendios	550
3.1. Sistema de hidrantes y bocas de incendio	550
3.1.1. Clasificación de actividades.....	550
3.1.2. Determinación de los parámetros hidráulicos.....	554
3.1.3. Fuentes de agua.....	555
3.1.4. Diseño del sistema	558
3.1.5. Componentes del sistema	560
3.1.6. Pruebas del sistema.....	561
3.1.7. Mantenimiento.....	561
3.1.8. Sistema de protección contra incendio	562
3.2. Protección en tanques de almacenamiento	571
3.3. Rociadores.....	571
3.3.1. Clasificación de las ocupaciones.....	572
3.3.2. Clasificación de los rociadores.....	572
3.3.3. Posición, ubicación y espaciamiento.....	573
3.3.4. Posición del deflector	574
3.3.5. Obstrucciones a la carga del rociador.....	574
3.3.6. Diseño del sistema	574
3.3.7. Sistema de tuberías y válvulas	580

3.3.8. Mantenimiento del sistema	582
3.4. Carga de fuego.....	582
3.4.1. Tipos de fuego	587
3.4.2. Cálculo de potencial de extintores	588
3.4.3. Tipos de extintores.....	591
3.4.4. Distribución de extintores en la planta	592
3.4.5. Consideraciones especiales.....	594
3.5. Medios de evacuación	594
3.5.1. Ancho mínimo de pasillos, escaleras y corredores	594
3.5.2. Cantidad de medios de escape	596
4. Bibliografía	600
5. Anexos.....	601
5.1. Anexo I: Límites permisibles para carga térmica	601
5.2. Anexo II: Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual	601
5.3. Anexo III: Intensidad mínima de iluminación	602
5.4. Anexo IV: Índice parcial de exposición para niveles sonoros entre 80 dBA y 115 dBA y duración hasta 48 horas por semana.....	603
5.5. Anexo V: Índice compuesto de exposición sonora.....	604
5.6. Anexo VI: Máxima exposición sonora diaria permisible	605
5.7. Anexo VII: Distancia de seguridad para prevención de descargas disruptivas	605
5.8. Anexo VIII: Diagrama de Moody	606
5.9. Anexo IX: Diagrama de rugosidad relativa de tuberías.....	607
5.10. Anexo X: Pérdidas por fricción en caños rectos de hierro	608
5.11. Anexo XI: Pérdidas por fricción en accesorios.....	609
5.12. Anexo XII: Dimensiones de tuberías de acero	610
5.13. Anexo XIII: Dimensiones del drenaje.....	611
5.14. Anexo XIV: Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero Sch 40.....	611
5.15. Anexo XV: Área de protección y espaciamiento máximo para rociadores de gota grande	611

5.16. Anexo XVI: Materiales y dimensiones de tuberías aptas para rociadores	612
5.17. Anexo XVII: Valores C de Hazen-Williams	613
Capítulo XIII: Evaluación Económica	614
1. Objetivo	617
2. Introducción	617
3. Determinación de los Costos de los Equipos	618
4. Determinación del Capital fijo de inversión.....	620
5. Determinación de los Costos de Fabricación.....	624
5.1. Materia Prima y Reactivos	625
5.2. Mano de obra operativa	625
5.3. Mantenimiento y Reparaciones	625
5.4. Servicios Generales	626
5.5. Gastos Generales	626
5.6. Gastos Administrativos	626
5.6.1. Mano de Obra	626
5.6.2. Costo de marketing y administración.....	627
5.7. Resumen del costo de fabricación	627
6. Determinación de la Inversión inicial requerida.....	627
7. Cálculo de la Depreciación	629
8. Cálculo de los ingresos por ventas	629
9. Cálculo de la rentabilidad de la empresa	630
10. Cálculo del valor actual neto y de la tasa interna de retorno.....	631
11. Conclusión de la evaluación económica	631
12. Bibliografía.....	632
Capítulo XIV: Conclusiones	633
1. Conclusiones	635



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo 0: Resumen Ejecutivo

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Resumen Ejecutivo	25
2. Distribución de los capítulos	26

1. Resumen Ejecutivo

Este proyecto describe la producción de un polímero biodegradable realizado a partir de almidón modificado químicamente con tripolifosfato de sodio, glicerina residual de la producción de biodiesel como plastificante y lignina obtenida de cáscara de arroz como aditivo.

El polímero biodegradable se va a comercializar en forma de pellets para utilizarse en equipos de la industria termoplástica y satisfacer las necesidades de productos biodegradables generadas a partir de legislación que prohíbe el uso de plásticos convencionales en artículos de consumo masivo.

Se va a cubrir un 17% de las importaciones de polietileno de baja densidad con el objetivo de reemplazar una importación de un plástico convencional con uno biodegradable.

La empresa se va a ubicar en el Parque Tecnológico Litoral Centro S.A.P.E.M en el departamento de La Capital de la provincia de Santa Fe.

La capacidad productiva de la planta es de 10.500 toneladas por año, con un precio de venta del polímero biodegradable de 2.500 USD/Tn.

La inversión inicial de la planta es de \$ 17.198.064,96 USD, por lo que se va a pedir un préstamo bancario con sistema francés para la devolución del mismo con un total de 10 cuotas y una tasa de interés del 5%.

El proyecto es viable económicamente con un valor actual neto (VAN) estimado de \$ 52.670.048,75 USD y una tasa interna de retorno (TIR) de 29%. Recuperándose la inversión inicial a los 5 años de iniciado el proyecto.

2. Distribución de los capítulos

- ✚ Capítulo 0 – Resumen Ejecutivo
- ✚ Capítulo I – Introducción
- ✚ Capítulo II – Estudio de Mercado
- ✚ Capítulo III – Ubicación de la Planta
- ✚ Capítulo IV– Descripción del Proceso
- ✚ Capítulo V – Laboratorio
- ✚ Capítulo VI – Balances de Masa y Energía
- ✚ Capítulo VII – Diseño de Equipos
 - Anexo I – Esquema de Control
 - Anexo II – Tratamiento de Efluentes
- ✚ Capítulo VIII – Servicios Auxiliares
- ✚ Capítulo IX – Lay Out
- ✚ Capítulo X – Sistema de Gestión Integral
- ✚ Capítulo XI – Evaluación de Impacto Ambiental
- ✚ Capítulo XII – Seguridad e Higiene
- ✚ Capítulo XIII – Evaluación Económica
- ✚ Capítulo XIV – Conclusiones



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo I: Introducción

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Elección del proyecto	29
2. Descripción del producto.....	30
3. Descripción de las materias primas principales	31
3.1. Almidón	31
3.1.1. Estructura del almidón nativo	31
3.1.2. Almidón modificado por entrecruzamiento.....	32
3.2. Cáscara de arroz – Lignina	33
3.2.1. Cáscara de arroz	33
3.2.1. Lignina	33
3.3. Glicerina	34
4. Elección del proceso	35
5. Bibliografía	36

Índice de Figuras

Figura N° 1: (a) Estructura de la amilosa. (b) Estructura de la amilopectina.	32
Figura N° 2: Cáscara de arroz.....	33
Figura N° 3: Estructura de la lignina.	34

1. Elección del proyecto

En los siguientes capítulos desarrollaremos el proyecto titulado “Producción de Polímero Biodegradable a partir de Almidón Modificado, Glicerina y Lignina”. Como bien lo indica su nombre, el objetivo del mismo es describir el proceso, las instalaciones, análisis económico y condiciones de producción de pellets de un material polimérico biodegradable, el cual estará orientado a la industria de bolsas plásticas.

El marco de trabajo se enfoca en desarrollar un proyecto sustentable con el medio ambiente, que tenga materias primas nacionales y preferentemente subproductos de otra industria o actividad, un mercado factible en el que se pueda introducir y que posibilite la sustitución de importaciones. Debido a ello, elegimos nuestro tema, ya que cumple satisfactoriamente con las premisas indicadas, como se mostrará a continuación.

Actualmente el consumo de bolsas plásticas producidas principalmente a partir de polietileno de baja densidad (PEBD) se encuentra en un importante declive debido a sus impactos negativos hacia el medio ambiente, es por ello que existe un marco legal regulatorio que promueve la transición hacia el uso de bolsas de un material más amigable con el medio ambiente, como es el caso de los plásticos biodegradables. El impacto positivo es directo, ya que el residuo generado por el descarte de las bolsas de este tipo de plástico puede degradarse fácilmente en los medios naturales a diferencia de las que contienen sustancias derivadas del petróleo.

Por otro lado, no existe actualmente en el país una oferta importante de materia prima de carácter biodegradable para las industrias que fabrican bolsas de plástico, teniendo que recurrir a la importación, lo cual implica un mayor costo para las empresas. Desde este punto de vista, el proyecto se adecúa favorablemente a la situación del mercado, ya que ofrece pellets biodegradables de origen nacional a un precio menor que el ofrecido por las empresas extranjeras. De esta manera cumpliríamos la sustitución de una importación y nos introduciríamos en un mercado que se encuentra en fase de crecimiento.

Respecto a las materias primas elegidas para nuestro proceso, encontramos grandes ventajas ya que todas son de origen nacional e inclusive dos de las materias primas principales, que son la cáscara de arroz para obtención de lignina y la glicerina, son desechos o subproductos de otras industrias. Esto implica que su costo como materia prima es relativamente bajo y al mismo tiempo se produzca un mejor aprovechamiento de las mismas.

El proyecto desde el punto de vista ambiental, puede considerarse de carácter sinérgico, ya que no solo implica la sustitución en el mercado de un producto que es perjudicial para el medio ambiente, sino que además recurre a la utilización de subproductos de otras industrias como materia prima, que de otra manera serían consideradas residuos. Por lo tanto, podemos afirmar que nuestro proyecto se trata de un emprendimiento que cumple desde todos sus aspectos con la perspectiva de desarrollar industrias que sean factibles desde lo económico y al mismo tiempo sustentables desde el punto de vista ambiental.

2. Descripción del producto

Como bien se menciona en la introducción, el producto consiste en pellets de plástico biodegradable a base de almidón de maíz, lo que se conoce como almidón termoplástico (TPS por sus siglas en inglés: *Thermoplastic Starch*). El TPS es por definición un material que se obtiene a través de la disrupción (modificación) estructural dentro del gránulo de almidón cuando este es procesado con un bajo contenido de agua y la acción de fuerzas térmicas y mecánicas en presencia de plastificantes que no se evaporan fácilmente durante el procesamiento. Este tipo de bioplástico tiene grandes ventajas ya que es compatible con el medio ambiente, proviene de fuentes renovables y puede incorporarse al suelo fácilmente en el proceso de degradación. El TPS presenta varios atributos, además de su biodegradabilidad, es un material renovable, flexible y se puede acondicionar muy fácilmente a diferentes procesos de termoplastificación usando equipos estándar utilizados en la fabricación de polímeros sintéticos, como ser los procesos de extrusión.

Sin embargo, este material presenta una serie de desventajas cuando las condiciones de humedad son muy altas, además de que presenta bastante fragilidad. Esto último se trata de un problema de estabilidad estructural que se incrementa con el paso del tiempo debido a la disminución del volumen libre y la retrogradación del almidón. Los diferentes procesos de retrogradación se deben principalmente a la absorción de agua al interior de la matriz termoplástica, lo cual permite el reacomodamiento de las cadenas poliméricas gracias a la presencia de grupos OH. La retrogradación afecta entonces las propiedades mecánicas, ya que el esfuerzo aumenta y la elongación disminuye afectando la calidad del bioplástico.

Para poder evitar las desventajas mencionadas y emplear el almidón como materia prima para la producción de pellets de plástico biodegradable, se recurre por un lado a la modificación química del almidón, previa al proceso de extrusión y formación del bioplástico, y luego al agregado de un aditivo en la etapa de la extrusión para aumentar la resistencia mecánica del producto final, que en este caso consiste en lignina.

3. Descripción de las materias primas principales

3.1 Almidón

Dentro de la descripción distinguiremos las dos formas del almidón que estarán implicadas en el proceso. La primera consta del almidón nativo, que hace referencia al almidón en su forma natural, solamente afectado por el proceso de extracción del mismo a partir de una fuente vegetal, que en nuestro caso será el maíz. La segunda se trata del almidón modificado químicamente por el proceso de entrecruzamiento, el cual formará parte del proceso de producción del bioplástico, ya que el almidón modificado será la base para la formación del mismo.

3.1.1 Estructura del almidón nativo

La materia prima principal para la producción del bioplástico consiste en almidón de maíz. El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas. La estructura consiste en gránulos los cuales tienen paredes que los separan. Dentro de cada célula hay haces o “manojos” de características cristalinas intercalados con almidón amorfo, lípidos y ceras y luego las regiones cristalinas individuales. La forma de las estructuras cristalinas depende de la fuente de almidón, como puede ser de tubérculos o cereales. Desde el punto de vista molecular, el almidón consiste en amilosa y amilopectina formando una estructura de “bobinas” helicoidales. La estructura primaria del almidón es el enlace de unidades de glucosa en una cadena continua de amilosa con ramas de amilopectina. Estas ramificaciones adyacentes de amilopectina forman la estructura secundaria en forma de doble hélice que es la base de la cristalinidad en los gránulos de almidón. La estructura de doble hélice es luego asociada en una estructura terciaria con la formación de una súper hélice constituida por las estructuras helicoidales secundarias. Se forman superestructuras adicionales combinadas con amilosa intercrystalina y lípidos asociados.

En contraste con los termoplásticos sintéticos como es el caso de los polietilenos, la amilopectina (moléculas ramificadas del almidón) es la que cristaliza como doble hélice en los gránulos de almidón nativo. La amilosa lineal reside en las regiones amorfas entre los cristales, por lo tanto, es más soluble en agua ya que puede ser extraída de las regiones amorfas.

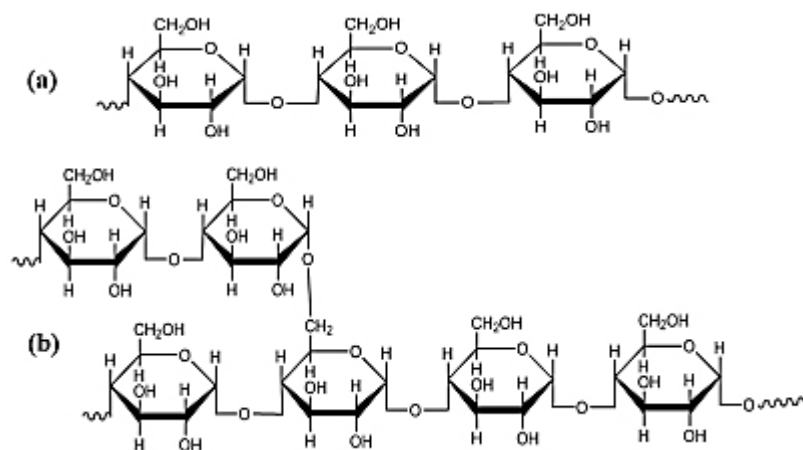


Figura N° 1: (a) Estructura de la amilosa. (b) Estructura de la amilopectina.

3.1.2 Almidón modificado por entrecruzamiento

Como fue indicado en la introducción, el almidón que se utilizará para la formación del bioplástico no será almidón de maíz en su forma nativa u original, sino que se tratará al mismo por medio de una reacción de entrecruzamiento con tripolifosfato de sodio (STPP por sus siglas en inglés: *Sodium Tripolyphosphate*), la cual consiste en la formación de unidades fosfato di-almidón. La razón para modificar el almidón por este método reside en varias razones. Por un lado, el reactivo elegido no presenta toxicidad apreciable, como sí sucede con otros compuestos para lograr el entrecruzamiento, como es el caso de la epiclorhidrina. Por otro lado, el STPP se produce en el ámbito nacional por lo tanto su obtención es factible y no implica un costo tan alto comparado con otras sales para modificación de almidón que deben importarse, como el caso del trimetafosfato o STMP. Por último, se puede mencionar que el proceso de entrecruzamiento del almidón por STPP se encuentra lo suficientemente desarrollado y estudiado para poder obtener información acerca de la eficiencia y los resultados de la reacción, que en este caso resultan altamente satisfactorios. El almidón modificado por este método presenta características más hidrofóbicas, ya que se sustituyen grupos hidroxilo (hidrofílicos) por fosfatos, lo que lo hace menos sensible al agua y menos propenso a padecer el proceso de retrogradación. Este es un punto importante a tener en cuenta en la formación de un bioplástico, ya que el mismo debe poder permanecer estable en condiciones normales de humedad, lo cual normalmente falla cuando el bioplástico se desarrolla a partir de almidón nativo. Por otro lado, y como se mencionó anteriormente, el almidón entrecruzado posee una mayor estabilidad ante el esfuerzo de corte, de modo que tiene mayor resistencia a cambiar su viscosidad, en contrapartida a lo que ocurre con las suspensiones de almidón nativo que presentan características dilatantes. Esta característica es importante para el posterior proceso de extrusión ya que el mismo se basa principalmente en la aplicación de calor y esfuerzo de corte.

3.2 Cáscara de arroz – Lignina

3.2.1 Cáscara de arroz

Como bien lo indica su nombre, la cáscara de arroz es un subproducto que se obtiene de la industria arrocería. Se trata de un tejido vegetal que se compone principalmente de celulosa, hemicelulosa, lignina (soluble e insoluble en ácido), compuestos inorgánicos, extractos como grasas, alcaloides y resinas, y un porcentaje menor de ceras, gomas, y grupos acetilo. De la misma se plantea el proceso de extracción de lignina que luego se utiliza como aditivo para la formación del bioplástico.



Figura N° 2: Cáscara de arroz.

3.2.2 Lignina

La lignina es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales. Se concentra en la lámina media (Sustancia que une las paredes celulares de dos células vegetales adyacentes) y funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta. Es el segundo elemento en importancia de la composición vegetal. Se trata de un polímero natural complejo de alto peso molecular, por lo que no es posible describir una estructura definida de la misma. Como base estructural de la lignina se encuentra el fenil-propano, teniendo enlazado al anillo bencénico un número variable de grupos hidroxílicos y metoxílicos. Esos grupos hacen que con el fenil propano tome la forma de radicales químicos bien definidos. Como bien se puede ver en la composición de la cáscara de arroz, la lignina es principalmente insoluble en ácido, mientras que solo una fracción de la misma tiene la propiedad de ser soluble. La porción insoluble es la que se recuperará en el proceso de producción propuesto.

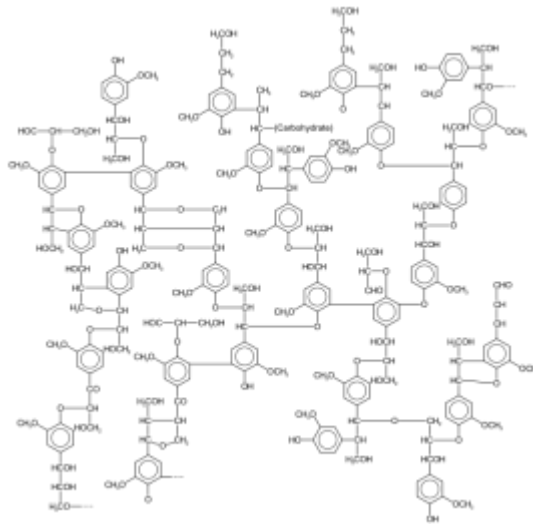


Figura N° 3: Estructura de la lignina.

3.3 Glicerina

La glicerina o glicerol cuya fórmula es $C_3H_8O_3$, es el componente que se usará como plastificante. Se trata de un alcohol con tres grupos hidroxilos, líquido a temperatura ambiente, con un alto valor de viscosidad, higroscópico, fácilmente soluble en agua y es la base de la formación de los compuestos lípidos. Se puede obtener como subproducto a partir de la producción de biodiesel en una proporción aproximada de 1:10. Por lo tanto, esta será la industria que analizaremos como nuestro proveedor de materia prima.

4. Elección del proceso

Para lograr producir el plástico biodegradable, se parte de las materias primas elegidas, las cuales se someterán a una serie de reacciones físicas y químicas. El proceso se divide principalmente en tres partes, que constan de la modificación del almidón por entrecruzamiento con STPP, obtención de la lignina a partir de cáscara de arroz y la formación del bioplástico en sí que consta de la plastificación del almidón con la glicerina y agregado de lignina como aditivo en una etapa de extrusión.

Respecto a la modificación del almidón, a modo de conclusión a los puntos enumerados anteriormente acerca de la materia prima, se puede decir que el proceso elegido se basó en utilizar un agente de entrecruzamiento que no fuera tóxico ni dañino para el medio ambiente, como lo es el tripolifosfato de sodio. El proceso, que consta de una reacción a temperatura ambiente, centrifugación y secado, se basó de la experiencia obtenida en publicaciones científicas y patentes sobre el tema. En esta búsqueda se planteó adaptarlo a una escala industrial, respetando las etapas necesarias para obtener resultados satisfactorios. También se prefirió este proceso ya que no presentaba etapas de alto riesgo, siendo los equipos de características estándar y sin necesidad de operar en condiciones que requieran alta seguridad, como ser presiones o temperaturas muy elevadas.

En relación al proceso de obtención de lignina, se planteó el mismo a partir de la cáscara de arroz debido a su considerable contenido del compuesto buscado, su bajo costo y su enorme disponibilidad ya que se trata de un desecho de otra actividad industrial. En este caso, también se evaluaron los procesos propuestos en diferentes fuentes de investigación y se logró la adaptación a mayor escala del proceso que presentaba buenos rendimientos, así como reactivos y condiciones de operación cuyas características fueran lo menos severas posibles. Así, el proceso de obtención de la lignina consta principalmente de un pre-tratamiento de la cáscara de arroz, una reacción de deslignificación de la cáscara y finalmente la precipitación de la lignina, empleándose entre ellas, etapas de separación de sólidos y líquidos utilizando equipos centrifugos.

Por último, el proceso de obtención del bioplástico, que como se mencionó consta de la plastificación del almidón con glicerina, se estudió y analizó para poder realizarlo a escala industrial con equipos estándar de la industria plástica, como lo es en este caso la extrusora de doble tornillo. La misma estará especificada para cumplir con los requerimientos térmicos y de esfuerzo de corte que debe entregarse a la mezcla para obtener el producto con las características deseadas.

De esta manera, planteamos un proceso que en su integridad opera de la manera más eficiente posible, obteniendo altos rendimientos del producto deseado con condiciones de operación seguras y utilizando los reactivos con menor peligrosidad dentro de las opciones factibles, además de recurrir a la recirculación de reactivos no aprovechados y agua proveniente de los efluentes generados, que se tratarán también en la misma planta.

5. Bibliografía

- Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Química. (2013). Seminario – Gelatinización y retrogradación. Recuperado de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf.
- Tecnología de la Energía Térmica, UTN FRA. (2016). Transferencia de energía térmica con cambio de fase – Unidad 3.
- Todo en Polímeros. (2019) Procesos de Extrusión. Recuperado de: <https://todoenpolimeros.com/procesos-de-extrusion/>.
- Gutiérrez, Tomy J., Tapia, María Soledad, Pérez, Elevina y Famá Lucía. (2014). Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. *Food Hydrocolloids*, 45 (2015), 211 – 217.
- Lim, S. y Seib, P. A. (1993). Preparation and Pasting Properties of Wheat and Corn Starch Phosphates. *Cereal Chem*, 70(2), 137-144.
- Bengs, H., Böhm, G., (2002). Biopolymer-based thermoplastic mixture for producing biodegradable shaped bodies. Recuperado de: <https://patents.google.com/patent/US6406530>.
- Torres Jaramillo, D., Morales Vélez S. P., Quintero Díaz, J. C. (2017) *Ingeniare*. Revista chilena de ingeniería, 25(4) Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000400733#B18.
- Hendriks, A. T. W. M. y Zeeman, G. (2009). Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100(1), 10-18. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408004574>.
- Taherzadeh1, M. J., y Karimi1, K. (2009). Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(9), 1621–1651. doi: 10.3390/ijms9091621.
- Kerr, R. W. y Cleveland, F. C., (1959). Orthophosphate Esters of Starch. US patent 2884413. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/b0/e4/9c/dd91f305b6dc86/US2884413.pdf>.
- Shanks, R. y Kong I. (2012). Thermoplastic Starch, en Zaki, A. El-Sonbati, IntechOpen, *Thermoplastic Elastomers*. doi: 10.5772/36295.
- Villada, H. S., Acosta, H. A. y Velasco, R. J. (2008). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables. *Información Tecnológica*, 19(2), 3-14.
- EcuRed. (Sin fecha). Lignina. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Lignina#Definici.C3.B3n>.
- Wikipedia. (2016). Laminilla media. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Laminilla_media

- Area, C. M., Felissia, F. E. y Vallejos, M. E. (2009). Ethanol-Water Fractionation of Sugar Cane Bagasse Catalyzed with Acids. *Cellulose Chemistry and Technology*, 43 (7-8), 271-279. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/282762642_Ethanolwater_fractionation_of_sugar_cane_bagasse_catalyzed_with_acids
- Ma'ruf, A., Pramudono, B. y Aryanti, N. (2017). Lignin Isolation Process from Rice Husk by Alkaline Hydrogen Peroxide: Lignin and Silica Extracted. *International Conference on Chemistry, Chemical Process and Engineering (IC3PE) 2017*. doi: 10.1063/1.4978086.
- Mussatto, S. I., Fernandes, M. y Roberto, I. C. (2007). Lignin recovery from brewer's spent grain black liquor. *Carbohydrate Polymers*, 70 (2007) 218–223. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861707002044>.
- Chávez-Sifontes, M. y Domine, M. E. (2013). Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de Despolimerización para la Obtención de Derivados Aromáticos de Interés Industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(4), 15-46. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>.
- Ma'ruf, A., Pramudono, B. y Aryanti, N. (2017). Optimization of Lignin Extraction from Rice Husk by Alkaline Hydrogen Peroxide Using Response Surface Methodology. *Rasayan J. Chem.*, 10(2), 407 – 414. Recuperado de: http://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/159_pdf.pdf.
- Area, C. M., Felissia, F. E. y Vallejos, M. E. (2010). Lignin Recovery from Spent Liquors from Ethanol-Water Fractionation of Sugar Cane Bagasse. *Cellulose Chemistry and Technology*, 44 (9), 311-318.
- Gutiérrez, Tomy J., Tapia, María Soledad, Pérez, Elevina y Famá Lucía. (2014). Physicochemical and Functional Properties of Native and Modified by Crosslinking, Dark-Cush-Cush Yam (*Dioscorea Trifida*) and Cassava (*Manihot Esculenta*) Starch. *Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry*, 2(1), 1-5. doi: 10.12691/jpbpc-2-1-1.
- Liu, H., Xie, F., Yua, L., Chena, L. y Li, L. (2009). Thermal Processing of Starch-Based Polymers. *Progress in Polymer Science*, 34 (2009) 1348–1368. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2009.07.001.
- Dagninoa, E. P., Felissia, F. E., Chamorroa, E., y Area, M. C. (2017). Optimization of the Soda-Ethanol Delignification Stage for a Rice Husk Biorefinery. *Industrial Crops and Products*, 97(2017), 156-165. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016308469>.
- Dagninoa, E. P., Felissia, F. E., Chamorroa, E., y Area, M. C. (2018). Studies on Lignin Extraction from Rice Husk by a Soda-Ethanol Treatment: Kinetics, Separation, and Characterization of Products. *Chemical Engineering Research and Design*, 129(January 2018), 209-216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.10.026>.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo II: Estudio de Mercado

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo	41
2. Importaciones	41
2.1. Proyecciones.....	44
2.2. Empresas importadoras	45
3. Producción nacional de polietileno	46
4. Materias primas	48
4.1. Almidón de maíz	48
4.2. Glicerina	50
4.3. Cáscara de arroz	53
5. Conclusión	54
6. Bibliografía	55

Índice de Figuras

Figura N° 1: Importaciones de PEBD en FOB USD.	42
Figura N° 2: Cantidades importadas de PEBD.	42
Figura N° 3: Relación de precio/cantidad importada de PEBD.	43
Figura N° 4: Proyección de las importaciones de PEBD (Cantidad).....	44
Figura N° 5: Proyección de las importaciones de PEBD (Precio).	44
Figura N° 6: Consumo y producción nacional de PEBD.	47
Figura N° 7: Proyección del precio de exportación del almidón de maíz.	49
Figura N° 8: Reacción de transesterificación.....	50
Figura N° 9: Proyección de la producción de glicerina.	51
Figura N° 10: Proyección del precio de exportación de la glicerina.	52
Figura N° 11: Proyección de la producción de cáscara de arroz.	53

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Datos de importación de PEBD.....	42
Tabla N° 2: Proyecciones de las importaciones de PEBD.....	45
Tabla N° 3: Empresas importadoras de PEBD.....	45
Tabla N° 4: Empresas productoras de almidón de maíz en Argentina.....	48
Tabla N° 5: Cantidades y precio de las exportaciones de almidón de maíz.....	49
Tabla N° 6: Proyección del precio del almidón de maíz.....	49
Tabla N° 7: Producción de biodiesel y glicerina residual.....	50
Tabla N° 8: Proyección de la producción de glicerina residual del biodiesel.....	51
Tabla N° 9: Cantidad y precio de las exportaciones de glicerina.....	52
Tabla N° 10: Producción de cáscara de arroz.....	53
Tabla N° 11: Proyección de la producción de cáscara de arroz.....	54
Tabla N° 12: Resumen de cantidades y precios.....	54

1. Objetivo

El objetivo de este capítulo es establecer la cantidad a producir del polímero biodegradable, a partir del análisis de la cantidad importada de polietileno de baja densidad. Además, se determinará el precio de venta que se utilizará para el producto desarrollado y se analizará la capacidad y precios de las materias primas requeridas para el mismo. Se elaborarán proyecciones para estimar los precios del producto a reemplazar y se establecerá un porcentaje de las importaciones a sustituir en el año 2021.

2. Importaciones

El producto por sustituir es el polietileno de baja densidad (PEBD o LDPE) en formas primarias o pellets. El mismo es empleado para conformar los siguientes elementos principalmente:

- Bolsas plásticas
- Películas para invernaderos
- Vasos, platos, cubiertos descartables
- Botellas
- Tubos
- Film Stretch
- Juguetes

Este plástico se produce por la polimerización de olefinas (alquenos) que son hidrocarburos insaturados. Las más importantes son el etileno y el propileno que son obtenidos por el proceso de desintegración térmica que tiene lugar en la producción de destilados ligeros y naftas. Las poliolefinas son los plásticos más comunes y económicos. Debido a su proceso de producción, el precio del polietileno es sensible a las variaciones del precio de los hidrocarburos.

Se utiliza el Nomenclador Común del Mercosur para determinar su posición arancelaria:

- 39.01.10.10.200N: Polietileno de densidad inferior a 0,94. Polímeros de etileno en formas primarias. Plástico y sus manufacturas.

Para el análisis de las importaciones del PEBD se emplea el buscador NOSIS. Del mismo se han obtenido los siguientes datos de importaciones durante los últimos años:

Año	Cantidad (Tn)	Precio (FOB USD)	Precio/Cantidad (USD/Tn)
2009	40.469,25	50.336.616	1.243,82
2010	75.075,33	113.250.072	1.508,49
2011	87.310,16	145.908.441	1.671,15
2012	87.580,54	138.877.706	1.585,71
2013	73.543,55	119.914.539	1.630,52
2014	73.256,86	122.505.675	1.672,28
2015	67.310,34	106.921.741	1.588,49
2016	77.919,17	93.735.271	1.202,98
2017	39.056,33	46.290.868	1.185,23

Tabla N° 1: Datos de importación de PEBD.

A partir de la Tabla N° 1: Datos de importación de PEBD. Tabla N° 1, se conformaron los siguientes gráficos de importaciones:

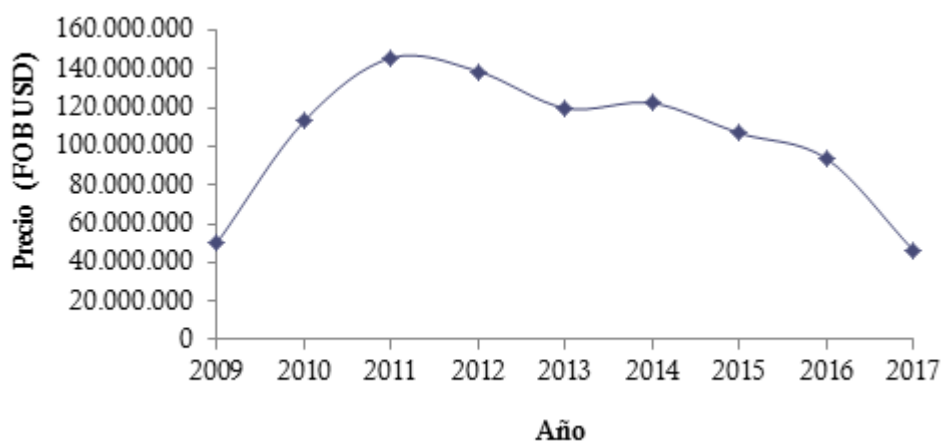


Figura N° 1: Importaciones de PEBD en FOB USD.

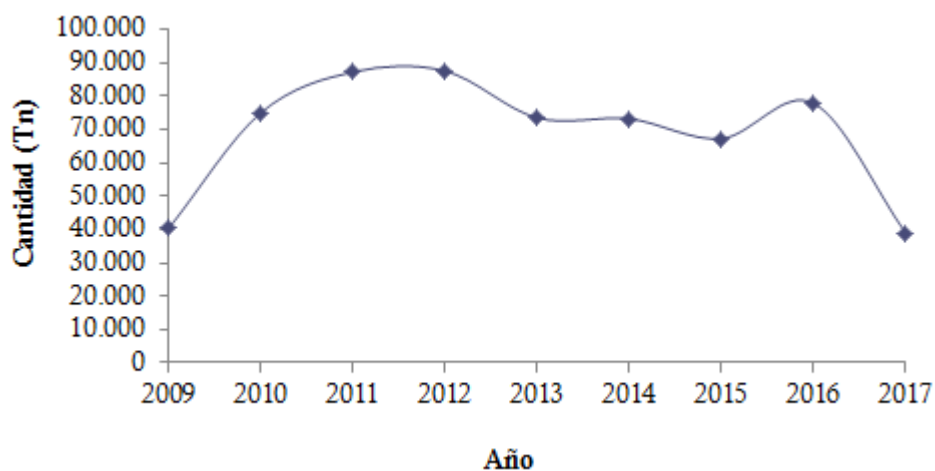


Figura N° 2: Cantidades importadas de PEBD.

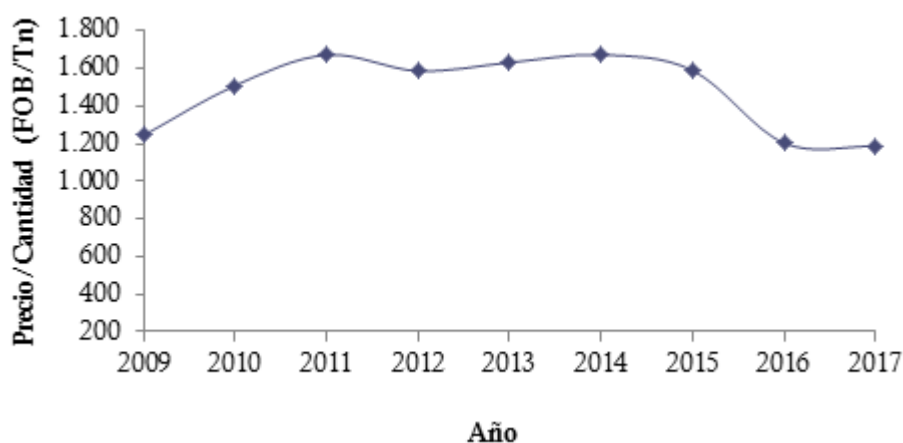


Figura N° 3: Relación de precio/cantidad importada de PEBD.

Como puede verse, en el año 2017 han disminuido las importaciones de polietileno de baja densidad. Esto se debe a diferentes factores, por un lado, las empresas que utilizan materiales plásticos en packaging, por ejemplo, han optado por reducir la cantidad de material que conforma el mismo debido al aumento de los precios en el país. Las industrias del rubro del plástico compran materia prima dolarizada, hidrocarburos, a multinacionales que conforman un oligopolio, por lo tanto, se encuentran obligadas a generar un aumento de precios. Por otro lado, en enero de 2017, la ciudad de Buenos Aires prohibió la entrega de bolsas plásticas en supermercados, lo que también aportó a la caída en las importaciones de PEBD, principalmente utilizado para producir bolsas.

Algunas empresas han comenzado a buscar alternativas, como ser el uso de polímeros biodegradables para la conformación de sus productos, situación que beneficia la producción nacional. Por lo tanto, no se tendrán en cuenta las importaciones del 2017 en las proyecciones por conocer la causa de la disminución y no ser algo que perjudique la sustitución de PEBD por polímero biodegradable, sino lo contrario.

2.1. Proyecciones

Para tener una estimación del porcentaje a sustituir, se necesitan conocer las importaciones a futuro. Para ello, se elaboran las siguientes líneas de tendencia con los datos históricos tanto para la cantidad como para el precio de importación. Las cuales representan las proyecciones estimadas tanto de la cantidad importada que se tendría en el país y el precio que se paga por ese plástico. Por lo tanto, va a representar el mercado total que se debería cubrir como sustitución de importación y el precio al cual se le va a competir.

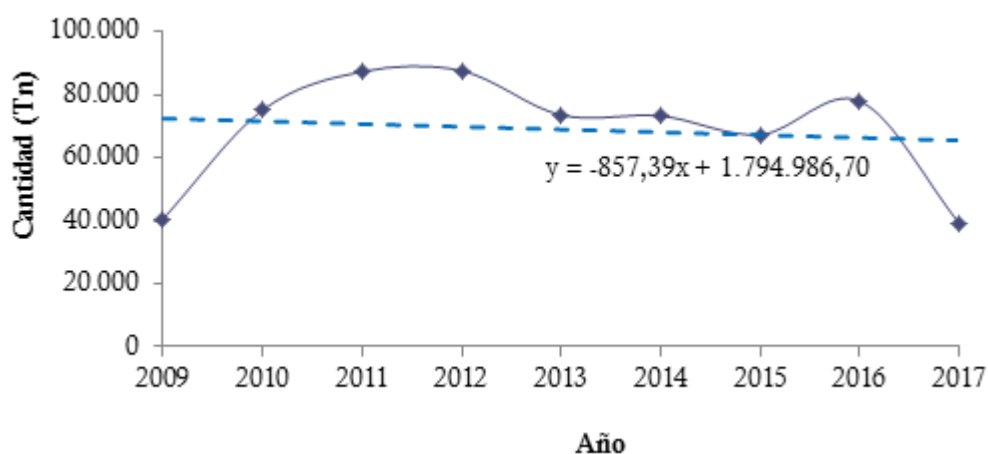


Figura N° 4: Proyección de las importaciones de PEBD (Cantidad).

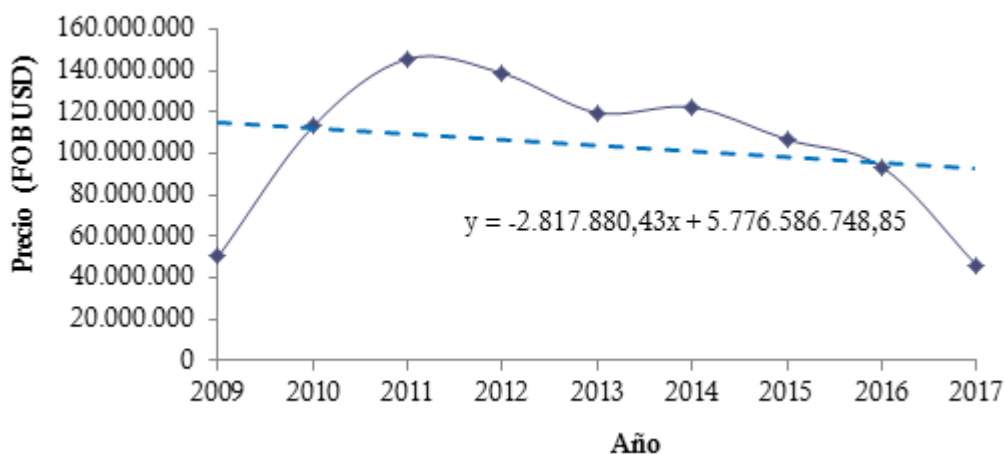


Figura N° 5: Proyección de las importaciones de PEBD (Precio).

A partir de las ecuaciones de las líneas de tendencia se obtienen las siguientes proyecciones al año 2021:

Año	Cantidad (Tn)	Precio (FOB USD)	Precio/Cantidad (USD/Tn)
2018	64.773,68	90.104.041,1	1.391,059
2019	63.916,29	87.286.160,7	1.365,632
2020	63.058,9	84.468.280,3	1.339,514
2021	62.201,51	81.650.399,82	1312,675

Tabla N° 2: Proyecciones de las importaciones de PEBD.

Por lo tanto, se concluye que para el año 2021 se importarán 62.200 toneladas de PEBD a un precio de 1.300 USD/Tn.

Este precio lo vamos a tomar como referencia, pero dado que el plástico producido en la empresa tiene la característica de ser biodegradable, buscamos el precio de un producto con características similares en el mercado internacional. El mismo es de 3.700 USD/Tn, lo cual representa más del doble del plástico convencional. Es por eso, que definimos como precio para nuestro producto un valor medio entre estos. Así, se logra que el precio pueda sustentar la inversión de equipos y materias primas que requiere la producción de un plástico biodegradable y es competitivo con el producto internacional que se podría llegar a comprar. Por lo tanto, el precio del polímero biodegradable producido va a ser de 2.500 USD/Tn.

2.2. Empresas importadoras

Las principales empresas importadoras de polietileno de baja densidad en formas primarias se muestran a continuación.

Empresa	Ubicación	Actividad
Alta Plástica S.A.	Pilar, Buenos Aires	Representante y distribuidor
Petropack S.A.	Paraná, Entre Ríos	Envases flexibles
Rotoplas Argentina S.A.	Pilar, Buenos Aires	Tanques para agua
Braskem Argentina S.A.	CABA, Buenos Aires	Representante (Petroquímica)

Tabla N° 3: Empresas importadoras de PEBD.

Estas empresas constituirán el principal mercado para nuestro producto. El 68% de las importaciones provienen de Brasil con lo que puede asegurarse que el mayor importador es Braskem Argentina, representante de Braskem Brasil. Provee materias primas plásticas a las demás industrias plásticas.

3. Producción nacional de polietileno

La cantidad de polietileno producida en el año 2015 fue de 552.000 toneladas, según la Cámara Argentina de Industria Plástica, sin diferenciar entre polietileno de alta y baja densidad, y representando el 47% de la producción nacional de plásticos, con un precio para el polietileno de baja densidad de 1.516 USD/Tn. Este producto forma parte de las resinas plásticas en la etapa intermedia de la industria petroquímica, utilizando el etileno de la etapa inicial. La principal firma productora de polietileno en Argentina es PBB Polisur que tiene como principal accionista a Dow Chemical, cuyo origen es Estados Unidos. En el caso del polietileno, existe una cadena etano-etileno-polietileno establecida mediante la asociación Dow Chemical-MEGA. La empresa MEGA está integrada por YPF (38% de las acciones), Petrobras (34%) y Dow Chemical (28%). Recibe el gas natural de YPF y vende etano a PBB Polisur, por lo que existen contratos de aprovisionamiento de largo plazo entre las distintas empresas.

En general, la industria plástica opera a niveles cercanos al máximo de su capacidad instalada. Sin embargo, están sujetas a las restricciones en el suministro de gas, por lo que pueden existir variaciones durante el año. En el año 2014, el porcentaje de uso de la capacidad instalada para el polietileno fue del 94% y la producción fue de 622.000 toneladas.

A partir del siguiente gráfico, se ve como el consumo siempre estuvo por arriba de la producción de polietileno, por lo que las necesidades de abastecimiento del mercado local se han cubierto a partir de las importaciones. Se debe en parte a que se trabaja con la máxima capacidad instalada y aumentar la capacidad productiva se encuentra condicionado por las limitaciones que tiene la actividad en la provisión de materias primas derivadas del petróleo y el gas.

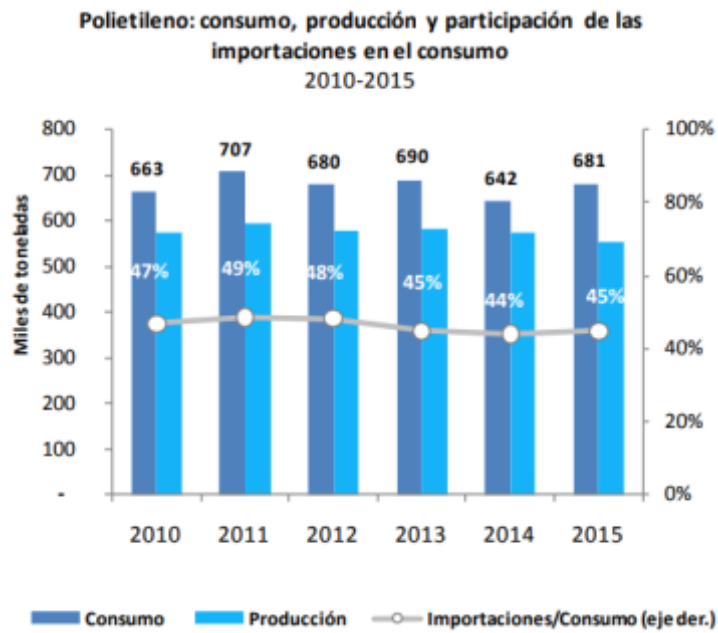


Figura N° 6: Consumo y producción nacional de PEBD.

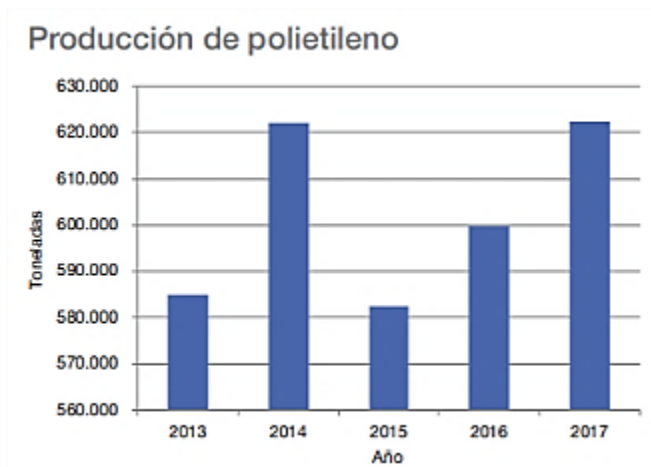


Figura N° 7: Producción nacional de polietileno entre 2013 y 2017.

4. Materias primas

Las principales materias primas necesarias para la producción de polímero biodegradable son:

- Almidón de maíz
- Glicerina
- Cáscara de arroz

4.1. Almidón de maíz

Es un polímero natural que se obtiene de la molienda húmeda de los granos de maíz. Las empresas productoras de almidón de maíz según la Cámara Argentina de Fabricantes de Almidones, Glucosas, Derivados y Afines (CAFAGDA) son las siguientes:

Empresa	Provincia	Ciudad	Capacidad de molienda (Tn/año)	Capacidad de producción de almidón (Tn/año)
Ingredion	Buenos Aires	Baradero	300.000	195.000
		Chacabuco	300.000	195.000
Arcor	Córdoba	Arroyito	285.000	185.250
	Tucumán	Lules	120.000	78.000
Glucovil	San Luis	Villa Mercedes	330.000	214.500
Glutal	Santa Fe	Esperanza	25.500	16.575

Tabla N° 4: Empresas productoras de almidón de maíz en Argentina.

La proporción en peso de almidón es de un 65 a 67 % por lo que se pudo conocer la capacidad de producción de almidón a partir de la molienda de maíz. Según CAFAGDA, la producción anual de almidón de maíz en Argentina ronda las 100.000 toneladas. No se cuenta con datos estadísticos por parte de la Cámara por lo que se investigan las exportaciones de almidón para conocer la proyección de precio.

Para conocer el precio por tonelada, utilizamos los datos de exportación obtenidos de Scavage. La posición arancelaria del almidón de maíz es 1108.12.00.

Año	Cantidad (kg)	Precio (USD)	Precio unitario (USD/Tn)
2008	21.246.237,4	8.070.078,64	379,84
2009	28.011.401,62	10.268.097,39	366,57
2010	26.834.401,13	10.718.810,66	399,44
2011	27.070.403,21	12.716.583,23	469,76
2012	36.031.066,36	17.311.721,58	480,47
2013	43.568.281,98	19.933.113,17	457,51
2014	38.166.977,02	16.972.035,76	444,68
2015	39.913.190,14	16.547.163,19	414,58
2016	38.232.730,83	14.280.718,83	373,52
2017	38.144.995,10	7.204.445,1	386,17
2018	56.442.493	20.162.023	338,28
2019	64.955.544	21.416.071	329,73

Tabla N° 5: Cantidades y precio de las exportaciones de almidón de maíz.

A partir de estos datos, se obtiene la línea de tendencia y el precio estimado para el año 2021.

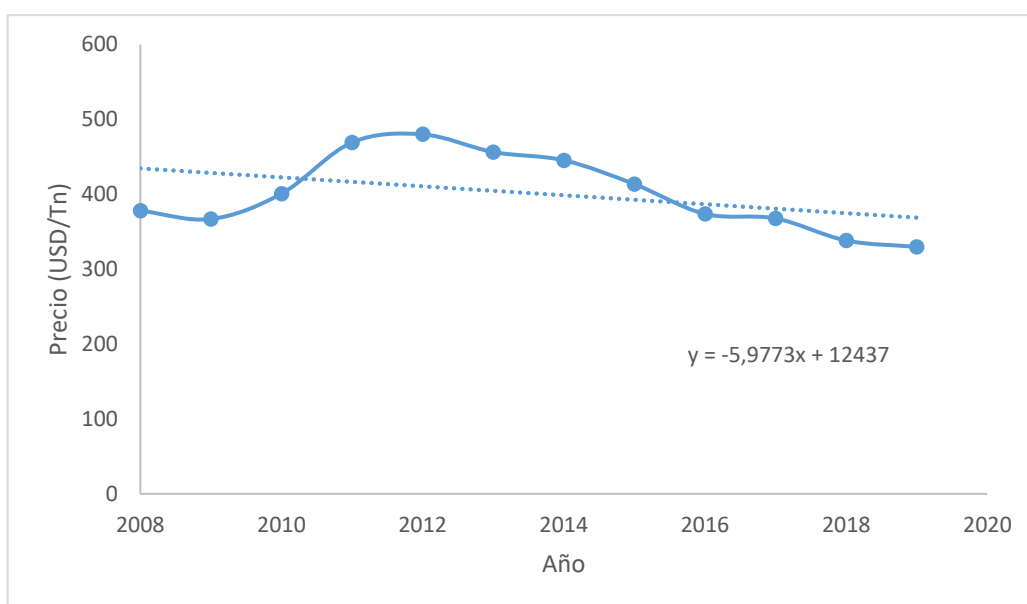


Figura N° 8: Proyección del precio de exportación del almidón de maíz.

Año	Precio (USD/Tn)
2020	366,05
2021	360,2

Tabla N° 6: Proyección del precio del almidón de maíz.

Finalmente, el precio unitario para el almidón de maíz será de 360,2 USD/Tn para el año 2021.

Glicerina

El 1, 2, 3-propanotriol, glicerol o glicerina (C₃H₈O₃) es un alcohol con tres grupos hidroxilos (–OH), el cual se emplea como un plastificante del almidón para lograr el polímero biodegradable.

Se obtendrá de empresas productoras de biodiesel que la obtienen como un subproducto por la transesterificación de aceite vegetal. Cada 10 kg de biodiesel se genera 1 kg de glicerina.

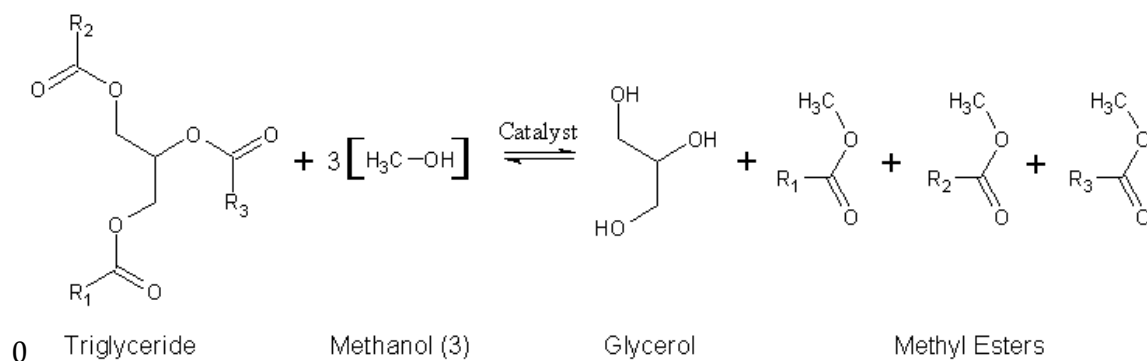


Figura N° 9: Reacción de transesterificación.

Del INDEC se obtiene la producción anual de biodiesel, y sabiendo que el 10% de la producción será glicerina se puede conocer la producción anual de glicerina residual.

Año	Producción biodiesel (Tn)	Producción glicerina (Tn)
2008	711.864	71.186,4
2009	1.179.103	117.910,3
2010	1.820.385	182.038,5
2011	2.429.964	242.996,4
2012	2.456.578	245.657,8
2013	1.997.809	199.780,9
2014	2.584.290	258.429
2015	1.810.657	181.065,7
2016	2.659.275	265.927,5
2017	2.871.707	287.170,7
2018	2.428.997	242.899,7
2019	2.147.271	214.727

Tabla N° 7: Producción de biodiesel y glicerina residual.

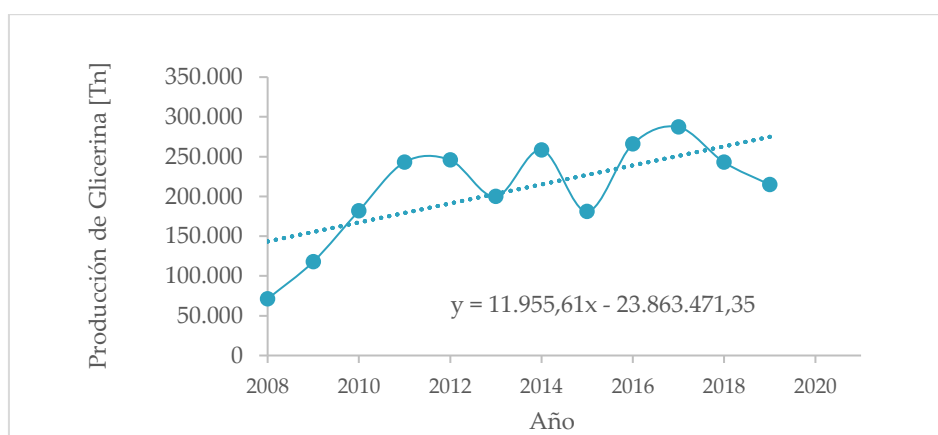


Figura N° 10: Proyección de la producción de glicerina.

Se observa una caída en el año 2013 debido a las restricciones impuestas por la Unión Europea a las importaciones de biodiesel proveniente de Argentina, mayor exportador mundial, e Indonesia. La producción de biodiesel también cayó en el 2015 respecto al 2014 fundamentalmente debido a la caída de precios relativos de gasoil. La caída de la producción en 2018, se debe a los aumentos de aranceles de biodiesel por parte de Estados Unidos.

Con los datos graficados se obtuvo la línea de tendencia con la que se calculó la producción de glicerina subproducto del biodiesel para el año 2021.

Año	Producción biodiesel (Tn)	Producción glicerina (Tn)
2020	2.868.608,53	286.860
2021	2.988.164,63	298.816

Tabla N° 8: Proyección de la producción de glicerina residual del biodiesel.

La capacidad instalada registrada en el año 2017 es de 4 millones de toneladas de anuales de biodiesel, con lo cual puede asegurarse que podrán cumplir con la producción proyectada. Se estima una producción de glicerina de 298.816 Tn en el año 2021. Según el Igneria, se requieren alrededor de 2.600 Tn de glicerina para la producción de las 10.500 toneladas del plástico biodegradable, por lo tanto, esta cantidad está cubierta por la que se genera con la producción de biodiesel.

Para conocer el precio de la glicerina en el año 2021 se utilizan los datos de exportación obtenidos Informe de Biocombustibles 2020 publicado por el Ministerio de Producción y Trabajo.

Año	Cantidad (Tn)	Precio (USD)	Precio unitario (USD/Tn)
2008	70.643	24.459.024	346,23
2009	104.817	12.534.756	119,59
2010	143.367	22.354.217	155,92
2011	165.240	44.960.999	272,10
2012	169.869	45.023.805	265,05
2013	75.699	23.472.226	310,07
2014	160.853	32.757.755	203,65
2015	78.700	11.700.637	148,67
2016	174.321	18.777.278	107,72
2017	173.466	38.560.615	222,29
2018	132.915	43.860.477	329,99
2019	105.062	13.574.482	129,20

Tabla N° 9: Cantidad y precio de las exportaciones de glicerina.

Obtenemos la línea de tendencia y la proyección para el año 2021:

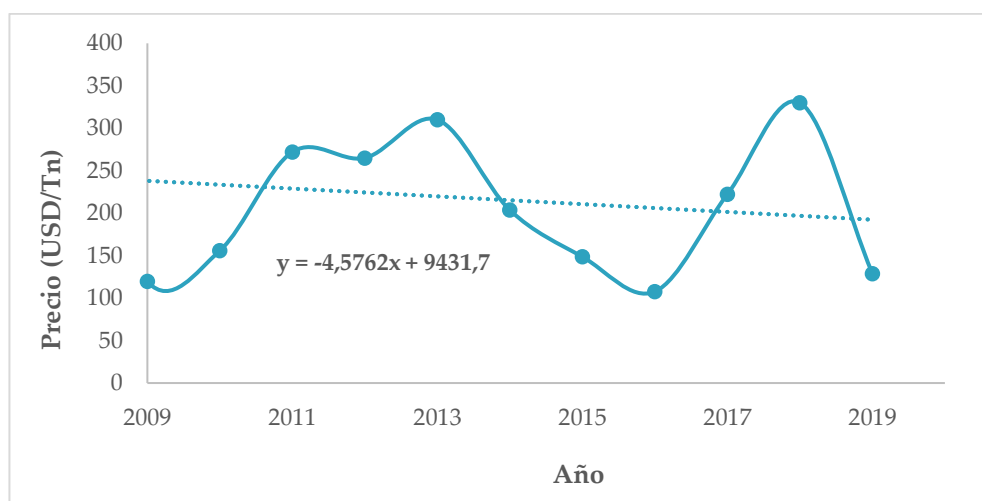


Figura N° 11: Proyección del precio de exportación de la glicerina.

Por lo tanto, se estima un precio de 183,2 USD/Tn para la glicerina residual en el año 2021. Actualmente, el precio de la glicerina cruda del residuo del biodiesel es de 118,83 USD/Tn.

4.2. Cáscara de arroz

La cáscara representa un 22% del arroz paddy, con cáscara. A partir de este dato podemos obtener una estimación de la producción de cáscara de arroz en Argentina basándonos en la producción de arroz que nos brinda el Ministerio de Agroindustria.

Campaña	Producción de arroz paddy (Tn)	Producción de cáscara (Tn)
2005/2006	1.193.492	262.568,24
2006/2007	1.080.070	237.615,40
2007/2008	1.255.015	276.103,30
2008/2009	1.338.865	294.550,30
2009/2010	1.243.259	273.516,98
2010/2011	1.748.075	384.576,50
2011/2012	1.567.971	344.953,62
2012/2013	1.563.450	343.959
2013/2014	1.581.810	347.998,20
2014/2015	1.558.100	342.782
2015/2016	1.404.980	309.095,60
2016/2017	1.330.000	292.600
2017/2018	1.368.000	300.960
2018/2019	1.190.000	261.800

Tabla N° 10: Producción de cáscara de arroz.

A continuación, se muestra la proyección para la producción de cáscara en el año 2021.

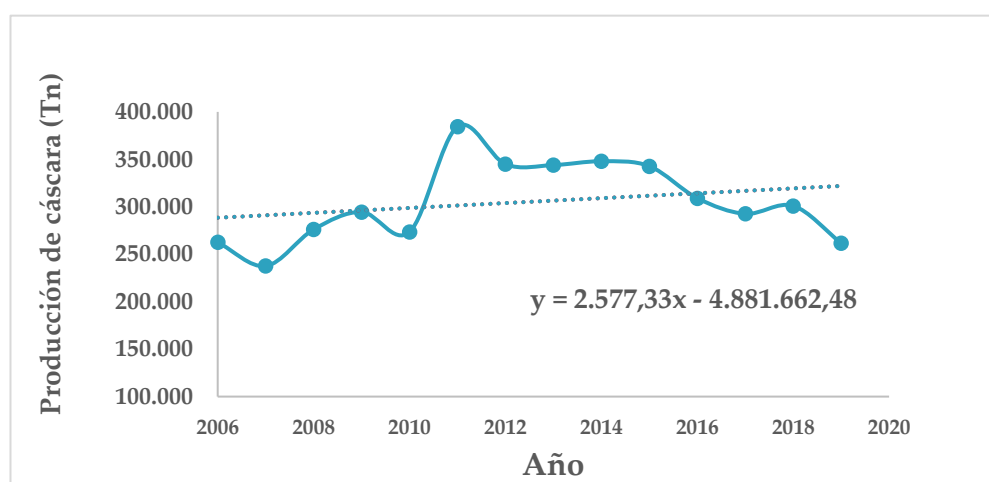


Figura N° 12: Proyección de la producción de cáscara de arroz.

Se observa un salto en la producción de cáscara de arroz en el año 2011 que se produjo debido a las nuevas inversiones realizadas en el sector molinero.

Año	Producción de cáscara (Tn)
2020	324.584,12
2021	327.121,45

Tabla N° 11: Proyección de la producción de cáscara de arroz.

Se estima una elevada producción de cáscara para el año 2021. Como se mencionó, la cáscara de arroz se utiliza como suplemento para alimentación de algunos animales como aves y cerdos, pero no para rumiantes por su alto contenido en fibra, y tiene aplicaciones en la fabricación de cemento y ladrillos y de materiales aislantes como relleno. A pesar de esto, continúa siendo un residuo debido a las grandes cantidades que se generan. El precio de la cáscara de arroz es de 16 USD/Tn.

5. Conclusión

A partir del análisis realizado, se muestran las conclusiones obtenidas:

- Se elige sustituir aproximadamente un 17% de las importaciones en el año 2021, lo que representa **10.500 toneladas de polímero biodegradable anualmente**.
- El precio del polietileno de baja densidad es de 1.300 USD/Tn, pero considerando que el plástico que realizamos tiene la característica de ser biodegradable y viendo que un producto similar en el mercado internacional tiene un precio de 3.700 USD/Tn, se establece un precio promedio entre estos dos, para lograr pagar los costos de hacer un producto de estas características y que logre competir con la oferta internacional. Por lo tanto, el **precio del polímero biodegradable producido es de 2.500 USD/Tn**.

Como resumen, se presenta el siguiente cuadro con la proyección de cantidades y precios para el año 2021:

Producto	Cantidad (Tn/año)	Precio (FOB USD/Tn)
Polímero biodegradable	10.500	2.500
Materia prima	Cantidad requerida (Tn/año)	Precio (USD/Tn)
Almidón de maíz	4.762	360,2
Glicerina (80%)	2.624	183,2
Cáscara de arroz	9.250	16

Tabla N° 12: Resumen de cantidades y precios.

6. Bibliografía

- NOSIS. Importaciones del polietileno de baja densidad. Recuperado de: <https://www.nosis.com/es>.
- Cámara Argentina de la Industria Plástica. Producción nacional de polietileno. Recuperado de: <https://www.caip.org.ar/anuario-estadistico/>.
- Cámara Argentina de la Industria Plástica. Reporte Bimestral de Comercio Exterior. Recuperado de: http://caip.org.ar/2015/wp-content/uploads/2018/05/IND-PCA-COMERCIO-EXTERIOR-1%C2%BABIM-2018-2017_2.pdf.
- Cámara Argentina de Fabricantes de Almidones, Glucosas, Derivados y Afines. Empresas productoras de almidón de maíz. Recuperado de: http://cafagda.com.ar/prod_almidyfeculas.htm.
- SCAVAGE. Exportaciones de almidón de maíz. Recuperado de: <https://www.scavage.com/trade?menu=ar.export&query=product:1108.12.00>.
- SCAVAGE. Exportaciones de glicerina. Recuperado de: <https://www.scavage.com/trade?menu=ar.export&query=product:2905.45.00.00>.
- INDEC. Informe técnico, volumen 2, n° 9. Biocombustibles. Primer trimestre de 2018. Recuperado de: https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/biocombustibles_05_18.pdf.
- INDEC. Estadísticas de Productos Industriales, Diciembre 2018. Recuperado de: https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/epi_12_18.pdf.
- Ministerio de Hacienda. Informes de Cadenas de valor. Cereales: Maíz – Febrero 2019. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_maiz.pdf.
- Ministerio de Agroindustria. Informe de coyuntura. Cadena del arroz. Junio 2016. Recuperado de: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/_archivos/160600_Informe_ARROZ.pdf.
- Ministerio de Agroindustria. Perfil del mercado del arroz. Recuperado de: <https://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Perfil%20de%20Mercado%20de%20Arroz%202017.pdf>.
- Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas. Informes de Cadenas de valor. Año 1, N° 10. Agosto 2016. Petroquímica Plásticas. Recuperado de: https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SS PE_Cadenas%20de%20Valor_Petroquimica%20-%20Plastica.pdf.
- Ministerio de Producción y Trabajo. Informe Biocombustibles, Abril 2019. Recuperado de: [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/informes/_archivos//000003_Informes%20Biocombustibles%202019/190400_Informe%20biocombustibles%20\(Abril%202019\).pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/informes/_archivos//000003_Informes%20Biocombustibles%202019/190400_Informe%20biocombustibles%20(Abril%202019).pdf).



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo III: Ubicación de la planta

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo	62
2. Macroubicación.....	62
2.1. Materia prima.....	62
2.1.1 Cáscara de arroz.....	63
2.1.2 Almidón de maíz.....	65
2.1.4 Glicerina	68
2.2. Disponibilidad de agua.....	70
2.2.1. Aguas Superficiales.....	70
2.2.2. Aguas Subterráneas	73
2.3. Energía.....	76
2.3.1. Electricidad	76
2.3.2. Gas	79
2.3.3. Mano de Obra	83
2.4. Vías de Comunicación	86
2.4.1. Rutas	86
2.4.2. Ferrocarriles	89
2.5. Mercado.....	90
2.6. Parques Industriales	91
2.7. Clima	93
2.7.1. Inundaciones.....	93
2.7.2. Sismos	95
2.8. Marco Legal	96
2.8.1. Promoción Industrial	96
2.8.2. Normativas Ambientales.....	97
3. Matriz de Macroubicación	101
4. Microubicación.....	102

4.1. Materia prima.....	104
4.1.1. Departamento La Capital.....	104
4.1.2. Departamento Las Colonias.....	105
4.1.3. Departamento Rosario.....	106
4.2. Terreno.....	107
4.2.1. Departamento La Capital.....	107
4.2.2. Departamento Las Colonias.....	107
4.2.3. Departamento Rosario.....	107
4.3. Mano de obra.....	108
4.3.1. Cantidad de población.....	108
4.3.2. Nivel de formación alcanzado.....	109
4.4. Vías de comunicación.....	109
4.4.1. Departamento La Capital.....	109
4.4.2. Departamento Las Colonias.....	110
4.4.3. Departamento Rosario.....	111
4.5. Mercado.....	112
5. Matriz de Microubicación.....	112
5.1. Parque Industrial Oficial de Desarrollo Sauce Viejo.....	113
5.2. Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM.....	113
5.3. Área Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Santa Fe (Los Polígonos).....	114
5.4. Conclusión.....	115
6. Bibliografía.....	117

Índice de Figuras

Figura N° 1: Distribución de materias primas, almidón de maíz, glicerina y cáscara de arroz respectivamente.....	62
Figura N° 2: Mapa de producción de arroz por distrito de la provincia de Entre Ríos.....	63

Figura N° 3: Mapa de la distribución del cultivo de arroz en las provincias de Corrientes, Entre ríos y Santa Fe.	64
Figura N° 4: Diagrama de flujo de la molienda húmeda de maíz.	65
Figura N° 5: Mapa de distribución Glucovil.	67
Figura N° 6: Mapa de aguas superficiales de Santa Fe.	70
Figura N° 7: Mapa de aguas superficiales de Entre Ríos.	71
Figura N° 8: Acuíferos de Santa Fe.	73
Figura N° 9: Acuíferos de Entre Ríos.	74
Figura N° 10: Acuíferos en Buenos Aires.	75
Figura N° 11: Mapa del tendido eléctrico de Buenos Aires.	76
Figura N° 12: Mapa del Tendido Eléctrico de Santa Fe.	77
Figura N° 13: Mapa del Tendido Eléctrico de Entre Ríos.	78
Figura N° 14: Red eléctrica de Buenos Aires.	79
Figura N° 15: Red de distribución de gas de Santa Fé ENERGAS.	80
Figura N° 16: Red de distribución de gas de Santa Fé IEASA.	80
Figura N° 17: Red de distribución de gas Entre Ríos.	81
Figura N° 18: Mapa de gasoductos de Buenos Aires.	82
Figura N° 19: Escuelas técnicas secundarias de Argentina.	85
Figura N° 20: Mapa de rutas de Buenos Aires.	86
Figura N° 21: Mapa de rutas de Santa Fé.	87
Figura N° 22: Mapa de rutas de Entre Ríos.	88
Figura N° 23: Mapa de ferrocarriles de carga de Argentina.	89
Figura N° 24: Distribución de la industria plástica en Argentina (2011).	90
Figura N° 25: Cantidad de parques industriales por provincia.	91
Figura N° 26: Parques y áreas industriales de Santa Fé.	92
Figura N° 27: Parques industriales de Buenos Aires.	92
Figura N° 28: Parques y áreas industriales de Entre Ríos.	93

Figura N° 29: Mapa de las áreas inundables de Argentina.	94
Figura N° 30: Mapa de zonificación sísmica de Argentina.	95
Figura N° 31: Matriz de macroubicación final obtenida.	101
Figura N° 32: Mapa de los departamentos de Santa Fé.	102
Figura N° 33: Mapa de los parques y áreas industriales de Santa Fé con los centros de glicerina, cáscara de arroz y almidón.	103
Figura N° 34: Mapa de rutas del departamento La Capital.	110
Figura N° 35: Mapa de rutas del departamento Las Colonias.	110
Figura N° 36: Mapa de rutas del departamento Rosario.	111
Figura N° 37: Matriz de microubicación final obtenida.	112
Figura N° 38: Mapa del Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM.	115
Figura N° 39: Lotes del Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM.	116

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Principales provincias productoras de arroz y su producción en la campaña 2015/2016. ...	63
Tabla N° 2: Empresas productoras de almidón de maíz.	66
Tabla N° 3: Empresas de la Cámara Argentina de Biocombustibles.	68
Tabla N° 4: Empresas Pyme productoras de Biodiesel en Argentina.	69
Tabla N° 5: Comportamiento hidrológico de las cuencas en Buenos Aires.	75
Tabla N° 6: Población de Santa Fé, Entre Ríos y Buenos Aires.	83
Tabla N° 7: Nivel Educativo Población en Buenos Aires.	83
Tabla N° 8: Nivel Educativo Población en Santa Fe.	84
Tabla N° 9: Nivel Educativo Población en Entre Ríos.	84
Tabla N° 10: Porcentajes de materiales plásticos empleados.	90
Tabla N° 11: Distancia a empresas productoras de biodiesel de la zona industrial de La Capital.	105
Tabla N° 12: Distancia a empresas productoras de biodiesel de la zona industrial de Las Colonias. ...	105
Tabla N° 13: Distancia a empresas productoras de biodiesel de la zona industrial de Rosario.	106
Tabla N° 14: Total de población de los departamentos estudiados.	108

Tabla N° 15: Nivel de formación alcanzado en los departamentos estudiados. 109

1. Objetivo

En este capítulo desarrollaremos el análisis de ubicación para nuestra planta basándonos en distintos factores determinantes. Para encontrar una localización adecuada de nuestro proyecto debemos evaluar las variables que nos permitan establecerlo de la forma más rentable y más propicia para desarrollar la actividad industrial.

Dado que nuestro proceso productivo involucra tres materias primas diferentes, nuestra macroubicación contemplará las provincias donde se producen las mismas.

2. Macroubicación

2.1. Materia prima

Para la producción del polímero biodegradable se requieren las siguientes materias primas en orden decreciente de cantidad:

- Cáscara de arroz
- Almidón de maíz
- Glicerina

A continuación, se pueden observar los centros productivos por materia prima.

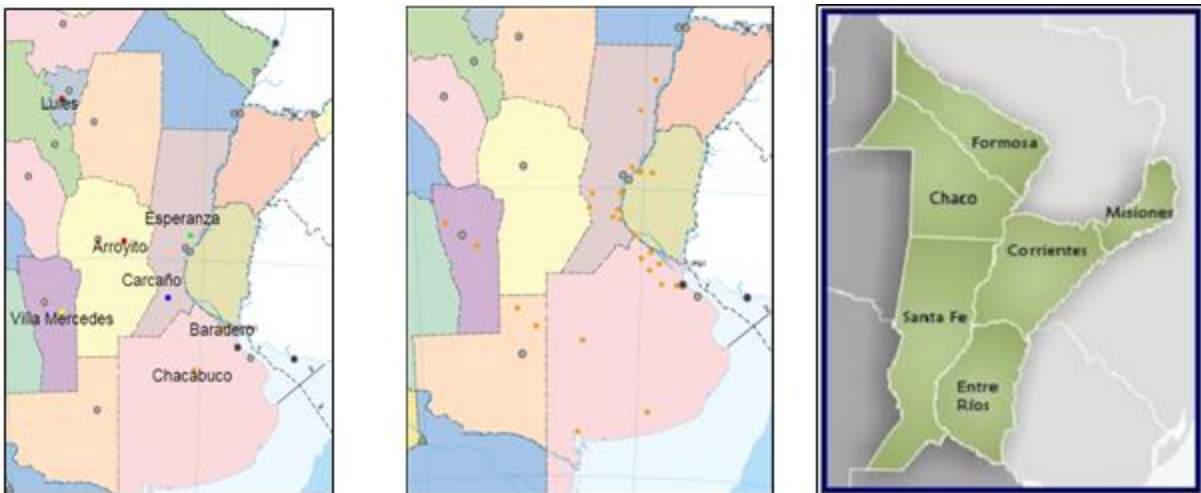


Figura N° 1: Distribución de materias primas, almidón de maíz, glicerina y cáscara de arroz respectivamente.

Analizando la Figura N° 1 se concluye que las provincias a estudiar van a ser:

- Santa Fe
- Entre Ríos
- Buenos Aires

2.1.1 Cáscara de arroz

La cáscara de arroz es el residuo que se genera en la producción de arroz. Una parte se utiliza como suplemento para alimentación de algunos animales como aves y cerdos, y también tiene aplicaciones en la fabricación de cemento y ladrillos y de materiales aislantes. No es utilizada para alimentación de rumiantes por su alto contenido en fibra. Su densidad aparente es muy baja y se requiere de grandes cantidades, por lo que es de gran interés situar nuestra planta industrial cerca de los molinos arroceros para evitar los gastos por transporte.

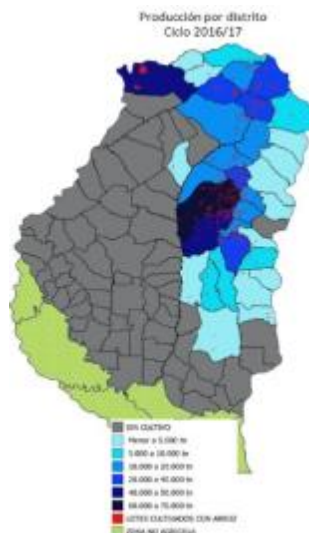
De la Bolsa de Comercio de Rosario obtenemos las principales provincias productoras de arroz y del Ministerio de Agroindustria podemos conocer la producción para la campaña 2015/16:

Provincia	Producción (Tn/año)
Corrientes	635.900
Entre Ríos	500.000
Santa Fe	202.580
Formosa	31.700
Chaco	34.800

Tabla N° 1: Principales provincias productoras de arroz y su producción en la campaña 2015/2016.

Dado que en Corrientes no se observa producción de las demás materias primas, no se tendrá en cuenta como posible localización de planta.

Se muestra a continuación un mapa de la producción de arroz en Entre Ríos por departamento para la campaña 2016/17, donde se observa que la misma se concentra en el noreste de la provincia.



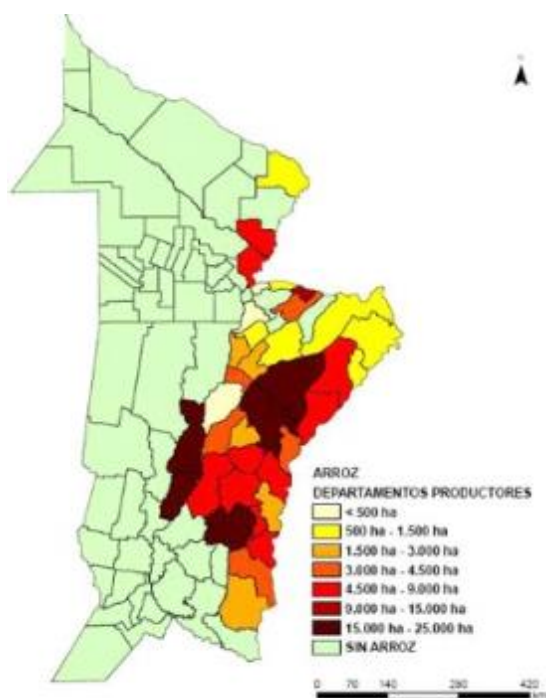


Figura N° 3: Mapa de la distribución del cultivo de arroz en las provincias de Corrientes, Entre ríos y Santa Fe.

Por lo tanto, Entre Ríos tiene el mayor puntaje en cuanto a esta materia prima, seguida por Santa Fe y con el menor puntaje, Buenos Aires ya que no hay industrias productoras de arroz.

2.1.2 Almidón de maíz

El almidón de maíz se obtiene de la molienda húmeda del maíz como se muestra en el siguiente diagrama:

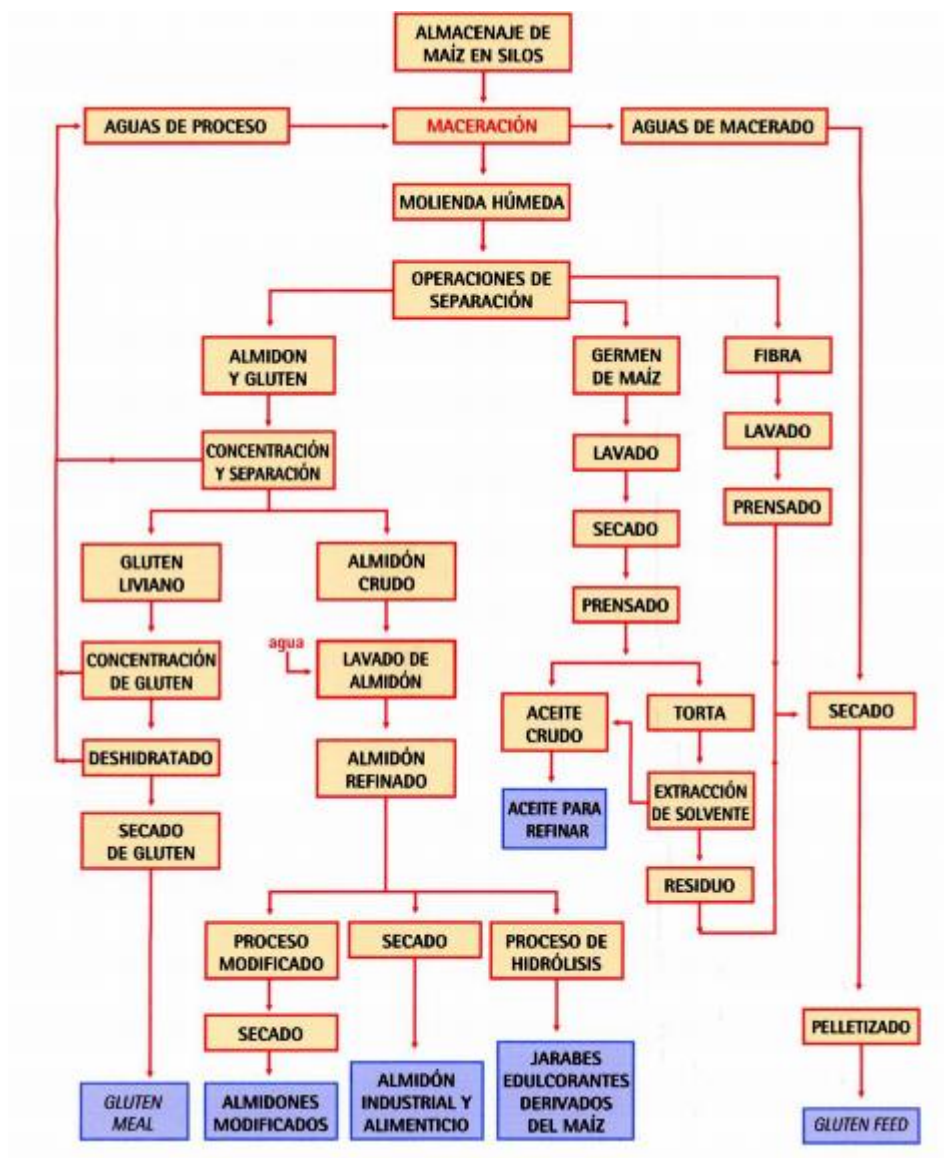


Figura N° 4: Diagrama de flujo de la molienda húmeda de maíz.

Según la Bolsa de Comercio de Rosario, Argentina tiene una capacidad de molienda húmeda de maíz de 4.535 toneladas diarias y según la Cámara Argentina de Fabricantes de Almidones, Glucosas, Derivados y Afines (CAFAGDA), las empresas productoras son las siguientes:

Empresa	Provincia	Ciudad	Capacidad de molienda de maíz (Tn/año)	Capacidad de producción de almidón (Tn/año)
Ingredion	Buenos Aires	Baradero	300.000	195.000
		Chacabuco	300.000	195.000
Arcor	Córdoba	Arroyito	285.000	185.250
	Tucumán	Lules	120.000	78.000
Glucovil	San Luis	Villa Mercedes	330.000	214.500
Glutal	Santa Fe	Esperanza	25.500	16.575

Tabla N° 2: Empresas productoras de almidón de maíz.

♦ Ingredion (Buenos Aires):

Se dedica a la producción y comercialización de ingredientes derivados de la molienda húmeda de maíz: almidones, jarabes, dextrosas, maltodextrinas, glucosas, colorantes caramelo, dextrinas, adhesivos, ingredientes funcionales y aceite refinado, entre otros ingredientes, para abastecer diversos sectores industriales. Cuenta con una flota de 200 unidades de camiones para realizar la distribución de los productos y un sistema que garantiza la entrega en tiempo y forma del producto. Las plantas se localizan al noreste de la provincia de Buenos Aires.

♦ Glucovil (San Luis):

Es una empresa formada hacia fines del año 2008 a partir de una asociación estratégica entre dos compañías líderes y de vasta experiencia en el negocio de la molienda húmeda de maíz: Ledesma y Cargill. Capacidad de molienda de maíz de 1.100 tn/día. Produce almidón de maíz tanto de grado alimenticio como de grado técnico. Se localiza en el departamento de General Pedernera, en el centro este de la provincia.



Figura N° 5: Mapa de distribución Glucovil.

♦ Glutal (Santa Fe):

Empresa productora de almidón de maíz, cuya aplicación encuentra los rubros de alimentos, industria papelera y del empaque, industria textil, perforaciones petrolíferas, alimentos balanceados e industria farmacéutica, por lo tanto, elabora almidones adecuados a las necesidades del cliente. Se localiza en el departamento de Las Colonias en el centro de la provincia.

Por lo tanto, en cuanto a almidón de maíz, Buenos Aires tiene el mayor puntaje dado que cuenta con dos plantas de gran producción. Santa Fe tiene cuenta con Glutal que posee la menor producción pero al mismo tiempo, allí encontramos un centro de distribución de Glucovil, por lo que el puntaje no será tan bajo. Por último, dado que en Entre Ríos no observamos producción de almidón, se le asigna el menor puntaje.

2.1.4 Glicerina

Para la plastificación del polímero biodegradable, se utiliza la glicerina residual de la producción del biodiesel. Es por esto por lo que se evalúan las empresas productoras de biodiesel. Los integrantes de la Cámara Argentina de Biocombustibles (CARBIO) son:

Empresa	Ciudad	Provincia	Capacidad producción de biodiesel (Tn/año)	Capacidad producción de glicerina (Tn/año)
AGD Bunge	Puerto General San Martín	Santa Fe	480.000	48.000
Cargill	Gobernador Galvez	Santa Fe	240.000	24.000
Explora	Puerto General San Martín	Santa Fe	120.000	12.000
LDC Argentina	General Lagos	Santa Fe	305.000	30.500
Molinos Río de la Plata	Avellaneda	Santa Fe	100.000	10.000
Renova Vicentín	San Lorenzo	Santa Fe	580.000	58.000
Unitec Bio	Puerto General San Martín	Santa Fe	230.000	23.000

Tabla N° 3: Empresas de la Cámara Argentina de Biocombustibles.

Como puede verse las grandes empresas productoras de biodiesel se ubican en Santa Fe, por ello esta provincia tendrá el puntaje más alto en cuanto a disponibilidad y seguridad de entrega de glicerina.

Para asignar un puntaje a Entre Ríos y Buenos Aires, se presentan a continuación las empresas de la Cámara de Empresas Pyme Regionales Elaboradoras de Biocombustibles (CEPREB):

Empresa	Provincia	Capacidad de producción de biodiesel [Tn/año]
Prochem Bio S.A	Buenos Aires	20.000
Colalao Del Valle S.A.	Buenos Aires	18.000
Advance Organic Materials S.A.	Buenos Aires	48.000
Soyenergy S.A.	Buenos Aires	18.000
Biomadero S.A.	Buenos Aires	48.000
Agrupación San Antonio	Buenos Aires	50.000
Aripár Cereales S.A.	Buenos Aires	50.000
Biobahía S.A.	Buenos Aires	40.000
Biocombustibles Tres Arroyos	Buenos Aires	6.600
Hector A. Bolzan y Cia. S.R.L	Entre Ríos	10.800
New Fuels	Entre Ríos	14.000
Diaser S.A.	San Luis	96.000
Pitey S.A	San Luis	18.000
Energías Renovables Argentina S.A.	Santa Fe	22.000
Bh Biocombustibles S.R.L	Santa Fe	10.800
Cramer y Asociados S.A.	Santa Fe	50.000
Diferoil S.A.	Santa Fe	35.000
Rosario Bioenergy	Santa Fe	38.400

Tabla N° 4: Empresas Pyme productoras de Biodiesel en Argentina.

Buenos Aires será la provincia que siga a Santa Fe en puntaje y Entre Ríos tendrá el menor puntaje por poseer sólo dos medianas empresas productoras de biodiesel.

Como conclusión, los puntajes en cuanto a materia prima son los siguientes:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Materia Prima	40	Cáscara de arroz	20	10	200	10	200	1	20
		Almidón de maíz	12	8	96	1	12	9	108
		Glicerina	8	10	80	5	40	7	56
			Subtotal	376		252		184	

Se da mayor peso a la cáscara de arroz y al almidón por requerir de grandes cantidades de estos.

Las zonas de interés de las provincias mencionadas son:

- Este de Santa Fe: Desde el departamento de San Javier hasta el departamento de Rosario, dado que allí se concentra al sur la producción de glicerina y al norte, la producción de cáscara de arroz.
- Norte y este de Entre Ríos: Por encontrar la mayor producción de cáscara de arroz.
- Noreste de Buenos Aires: Debido a que allí encontramos la mayor producción de almidón de maíz y de glicerina, como se observa en la Figura N° .

2.2. Disponibilidad de agua

Se analizarán tanto la disponibilidad de agua subterránea como superficial. No se utiliza el agua superficial como agua de proceso, por ello su valor en la matriz es menor, pero es un indicador de la disponibilidad de agua subterránea. Es un aspecto importante ya que se requieren grandes caudales de agua.

2.2.1. Aguas Superficiales

Santa Fe

Dentro de la zona elegida, desde el departamento de Rosario hasta el departamento de San Javier al este de la provincia, hay gran disponibilidad de aguas superficiales principalmente debido al Río Paraná. Otros ríos importantes son el Río Carcarañá y el Río Salado, pero no tienen la misma calidad ni el mismo caudal permanente del Paraná, por lo tanto, no se explotan con mucha intensidad. Al norte de la provincia se encuentra el Río San Javier que nace del Río Paraná.



Figura N° 6: Mapa de aguas superficiales de Santa Fe.

Entre Ríos

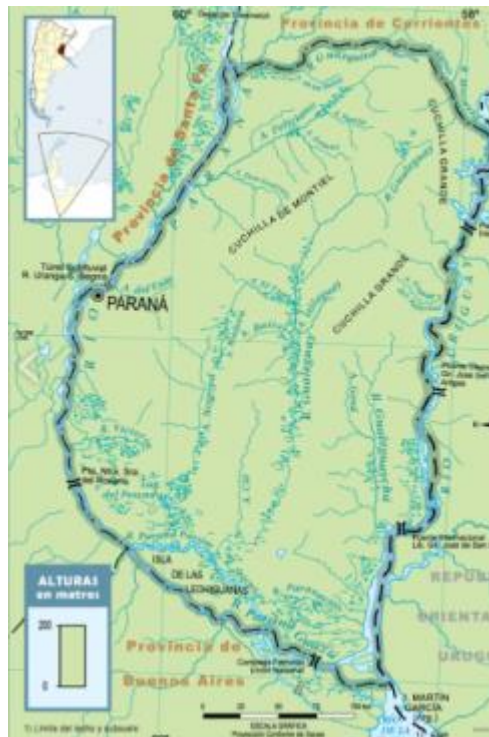


Figura N° 7: Mapa de aguas superficiales de Entre Ríos.

Los ríos el Paraná y el Uruguay marcan la frontera de la provincia. Dentro de la provincia se observa una gran red fluvial por lo que hay una gran disponibilidad de agua superficial.

Buenos Aires

Dentro de la provincia de Buenos Aires, ubicamos como zona de interés el noreste de la provincia. Esta región cuenta con buena disponibilidad de agua debido a su cercanía con el Río de la Plata y el Río Paraná.



Figura N° 8: Mapa de aguas superficiales en Buenos Aires.

Las tres provincias cuentan con alta disponibilidad de aguas superficiales, por lo que los puntajes son parejos en cuanto a este ítem.

2.2.2. Aguas Subterráneas

Santa Fe

Con respecto a las aguas subterráneas, dentro de la zona de interés se encuentra el acuífero Puelche, con una salinidad de 0,35 a 1,2 g/l y el Saladillo. El acuífero Puelche provee agua para abastecimiento de población y para uso industrial, principalmente en ciudades hacia el norte de la provincia. También se encuentra el acuífero Guaraní debajo de su territorio.

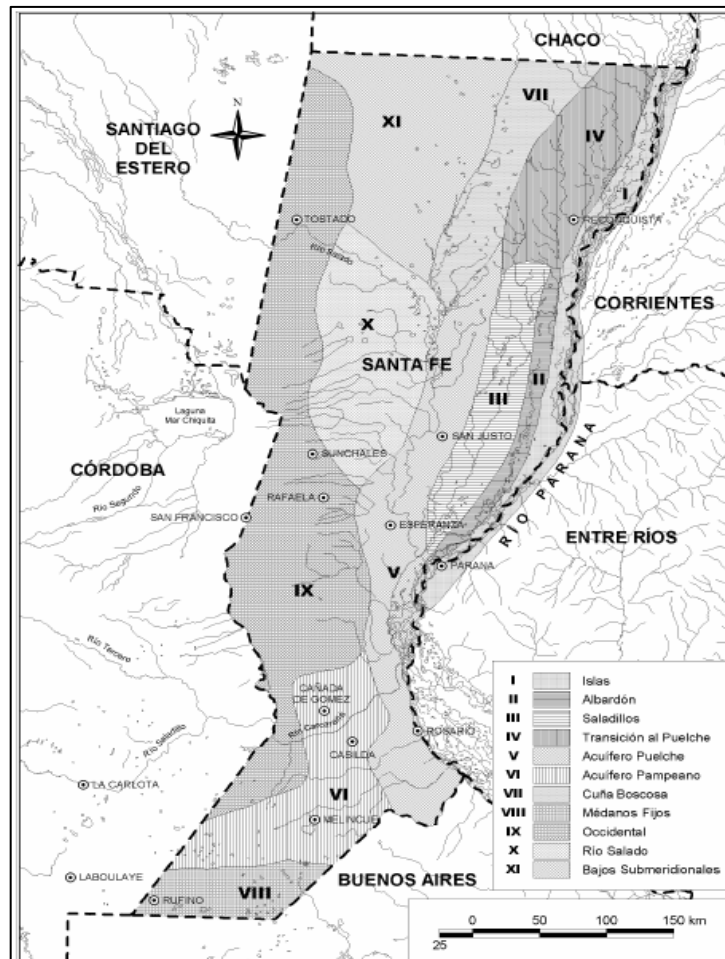


Figura N° 8: Acuíferos de Santa Fe.

Entre Ríos

Debajo de su superficie se encuentra parte del acuífero Guaraní, un enorme reservorio natural que abastece a toda la provincia. Posee agua subterránea de muy buena calidad en el centro de la provincia y de menor calidad debido al contenido salino en el resto del territorio. Otros acuíferos son Salto Chico, Ituzaingó y Paraná.



Figura N° 9: Acuíferos de Entre Ríos.

Buenos Aires

Dentro de la zona elegida, se encuentra la región hidrogeológica Noreste. Esta región limita al noroeste con la provincia de Santa Fe, al norte y sureste con los ríos Paraná y de la Plata y al sureste con la divisoria entre las cuencas hidrográficas del Plata y del Río Salado. Dentro de esta misma región, existen diferentes formaciones que varían en la litología y en el comportamiento hidrogeológico. A continuación, se detalla un cuadro con las mismas y algunos datos importantes, como el nivel de salinidad de las aguas:

Espesor (m)	Formación	Edad	Litología	Comportamiento Hidrogeológico	Usos
0 - 10	La Plata	Holocena	Conchillas formando cordones	Acuífero libre discontinuo Salinidad (1- 5 g/l)	Rural y ganadero
0 - 25	Querandí	Holocena	Arcillas y arenas muy finas, marinas	Acuitardo a pobrem. acuífero. Salinidad (5-10 g/l)	
0 - 5	Luján	Holocena	Limos arcillo-arenosos, fluviales	Acuitardo a pobrem. acuífero. Salin. (2-10 g/l)	
0 - 120	Pampeano	Pleistocena	Limos arenosos y arcillosos c/ tosca, eolo - fluviales	Acuíf libre; en prof. pasa a semiconf. Moderada prod. Salin. (0,5-2 g/l)	Urbano, rural, riego complem. ganadero e industrial
10 - 50	Arenas Puelches	Plio-Pleistocena	Arenas sueltas, finas y medianas, fluviales	Acuíf. semiconfinado de media a alta prod. (30-150 m ³ /h). Salin. (< 2 g/l)	Urbano, rural, riego intensivo y complem. ganadero e industrial
50 - 200	Paraná	Miocena superior	Arcillas y arenas c/fósiles marinos	Acuífudo en la secc sup. Salin. > 5 g/l. Excepc. 3 g/l. Acuífero de alta prod. en la secc. inf.	Industrial restringido
100 - 300	Olivos	Miocena inferior	Areniscas y arcilitas c/yeso y anhidrita, eolo - fluviales	Acuíf. confinado de baja productividad. Salin. > 10 g/l	
	Basamento Cristalino	Proterozoica	Genises, milonitas, granitos	Acuífugo, medio discont. Base impem. sección hidrogeológica	

Tabla N° 5: Comportamiento hidrológico de las cuencas en Buenos Aires.

Los de mayor interés son el Pampeano, Arenas Puelches y Paraná debido a la zona en que se encuentran y a que se extrae agua de los mismos para diversos usos.

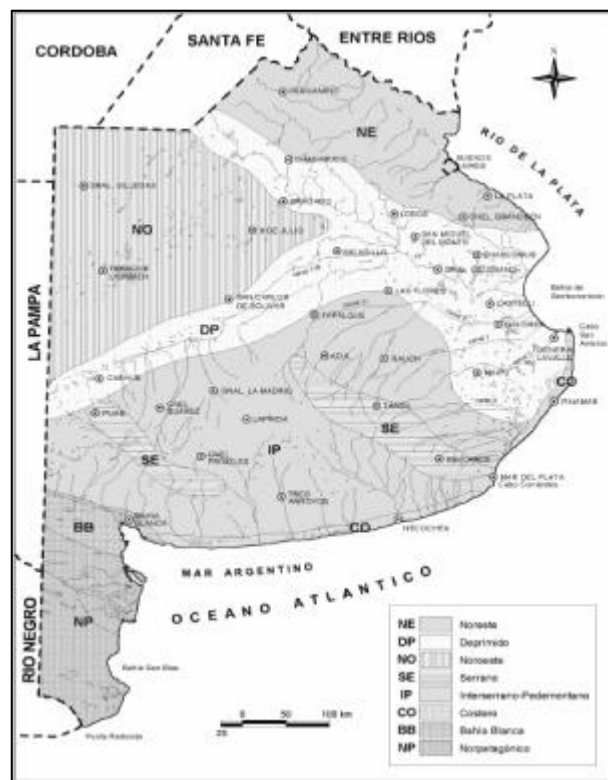


Figura N° 10: Acuíferos en Buenos Aires.

Las tres provincias cuentan con recursos hídricos abundantes tanto superficiales como subterráneos, y esto se ve reflejado en los puntajes similares asignados.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Agua	11	Superficial	5	10	50	10	50	9	45
		Subterránea	6	10	60	10	60	9	54
			Subtotal	110		110		99	

2.3. Energía

2.3.1. Electricidad

Es indispensable contar con un buen sistema de abastecimiento eléctrico dado que hoy en día la mayoría de los equipos poseen motores que trabajan con corriente eléctrica. Para analizar la red de energía eléctrica, se emplea el mapa del Sistema Interconectado Argentino de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA).

Este mapa nos permite visualizar que tanto Buenos Aires como Santa Fe y Entre Ríos se encuentran cubiertas por un amplio tendido eléctrico.

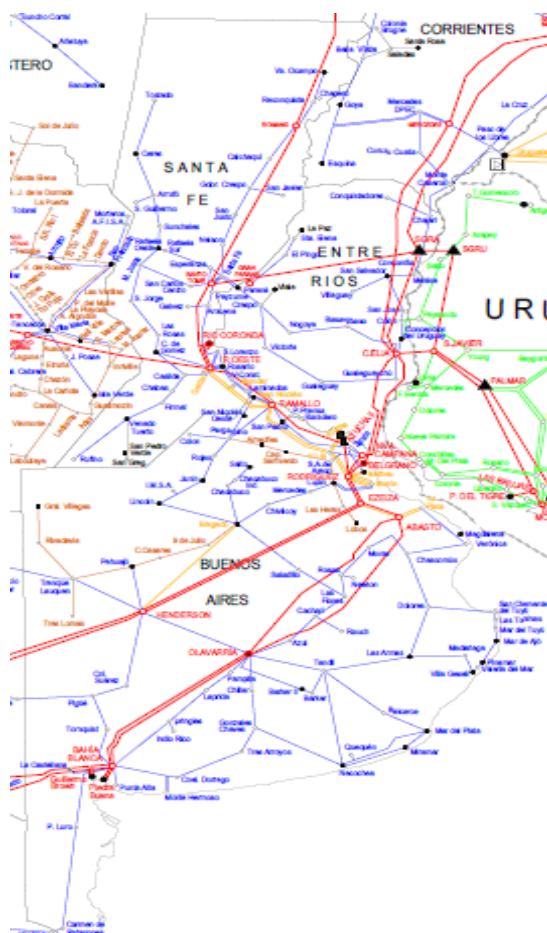


Figura N° 11: Mapa del tendido eléctrico de Buenos Aires.

Santa Fe

Podemos ver que en la zona del Gran Rosario hay un gran tendido eléctrico y el resto de la provincia se encuentra cubierta.



Figura N° 12: Mapa del tendido eléctrico de Santa Fe.

Entre Ríos



Figura N° 13: Mapa del tendido eléctrico de Entre Ríos.

Se observa que el tendido eléctrico abarca toda la provincia. La empresa ENERSA posee la concesión para la prestación del servicio y comercialización de la energía eléctrica.

Buenos Aires



Figura N° 14: Red eléctrica de Buenos Aires.

Como puede verse en el mapa de la red eléctrica en la provincia hay un gran tendido de líneas eléctricas de alta y media tensión.

Las tres provincias tienen un puntaje similar en cuanto a electricidad por contar con un buen sistema de distribución.

2.3.2. Gas

El gas se utiliza en calderas y hornos de procesos para calentar fluidos térmicos y corrientes principales, por lo que es importante contar con un buen suministro. Para evaluar la disponibilidad de gas se analizará la red de gasoductos de cada provincia.

Santa Fe

La red de gasoductos de Santa Fe está operada al sur por el Ente Regulador del Gas (ENARGAS) y al norte por Integración Energética Argentina SA (IEASA). Esta última posee la concesión para operar el Gasoducto del Noreste Argentino (GNEA). A continuación, se muestran los sistemas de distribución de ambas empresas.



Figura N° 15: Red de distribución de gas de Santa Fé ENERGAS.



Figura N° 16: Red de distribución de gas de Santa Fe IEASA.

Aún no ha finalizado la construcción del Gasoducto del Noreste por lo tanto, el puntaje en cuanto a la red de gasoductos no será elevado por carecer de provisión asegurada al norte de la provincia.

Entre Ríos

No cuenta con la misma cantidad de gasoductos que Santa Fe y Buenos Aires, aunque gran parte de la provincia es alcanzada por líneas regionales.



Figura N° 17: Red de distribución de gas Entre Ríos.

Buenos Aires

Al igual que en el ítem anterior, hay una amplia cobertura de la red de gasoductos en la provincia como se puede observar en el siguiente mapa.



Figura N° 18: Mapa de gasoductos de Buenos Aires.

Se asignan puntajes elevados a Santa Fe y Buenos Aires, y un menor puntaje a Entre Ríos por no contar con la misma cobertura de gasoductos.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Energía	10	Electricidad	5	10	50	10	50	10	50
		Gas	5	7	35	7	35	10	50
			Subtotal	85		85		100	

2.3.3. Mano de Obra

Para estudiar este ítem, existen dos aspectos principales: la cantidad de población y la calidad de capacitación que la población posee. Se le da mayor importancia en la matriz al ítem de calidad.

2.3.3.1. Cantidad de mano de obra

Para el análisis de la cantidad de mano de obra disponible se analizan los datos de población para las regiones de interés de las provincias, tomando el rango de edad de 15 a 64 años. Utilizamos los datos brindados por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010. Se presenta a continuación la cantidad de población por provincia:

Provincia	Población entre 15 y 64 años
Santa Fe	2.072.165
Entre Ríos	784.742
Buenos Aires	10.077.275

Tabla N° 6: Población de Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires.

Por lo tanto, Buenos Aires será la provincia de mayor puntaje en este ítem seguida por Santa Fe y por último Entre Ríos.

2.3.3.2. Calidad de mano de obra

En lo que respecta a la calidad de la mano de obra evaluamos el nivel educativo alcanzado por la población entre las edades de 15 y 59 años.

Buenos Aires

Edad	Secundario	Superior no Universitario	Universitario
15-19	81.758	547	-
20-24	321.264	23.722	14.449
25-29	358.120	64.549	60.475
30-39	542.249	167.371	161.915
40-49	371.435	140.209	125.278
50-59	299.285	86.568	94.945
Total	1.974.111	482.966	457.062
Porcentaje	68%	17%	16%

Tabla N° 7: Nivel educativo de la población en Buenos Aires.

Santa Fe

Edad	Secundario	Superior no Universitario	Universitario
15-19	13.688	127	-
20-24	60.355	7.401	3.501
25-29	66.724	18.556	16.724
30-39	109.314	45.209	38.105
40-49	80.090	34.199	26.947
50-59	68.137	20.242	22.059
Total	398.308	125.734	107.336
Porcentaje	63%	20%	17%

Tabla N° 8: Nivel educativo de la población en Santa Fe.

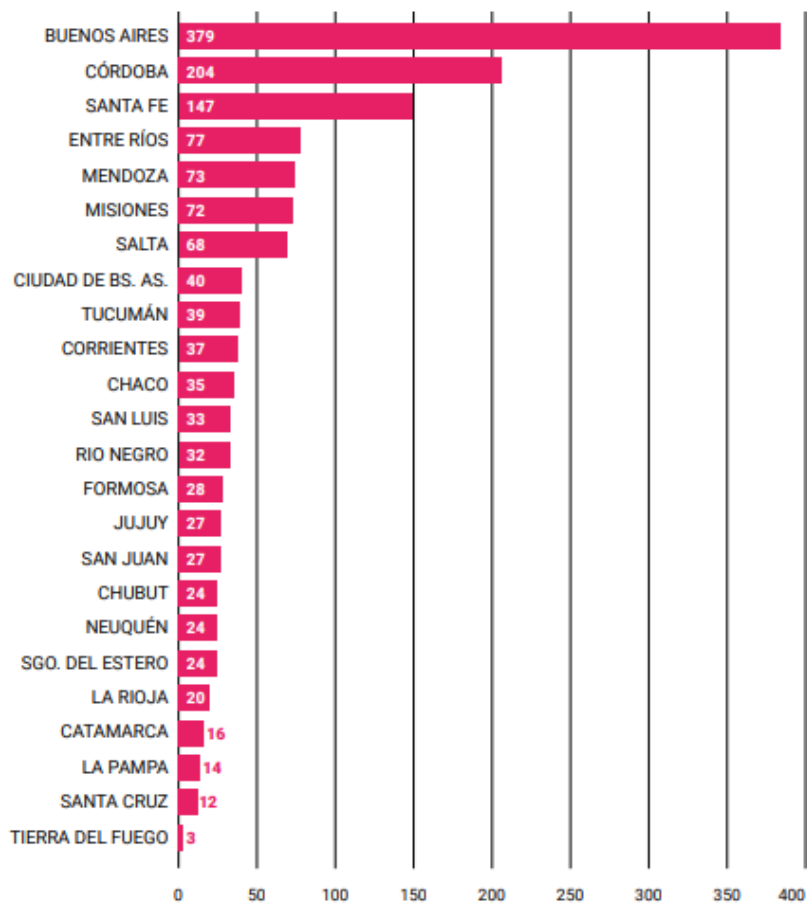
Entre Ríos

Edad	Secundario	Superior no Universitario	Universitario
15-19	4.753	32	-
20-24	20.572	1.996	1.334
25-29	22.163	5.169	5.212
30-39	38.505	15.352	12.552
40-49	26.923	13.412	8.643
50-59	21.201	7.935	6.192
Total	134.117	43.896	33.933
Porcentaje	63%	21%	16%

Tabla N° 9: Nivel educativo de la población en Entre Ríos.

Como es de esperarse, la mayor cantidad población con estudios se concentra en la provincia de Buenos Aires, seguida por Santa Fe y por último Entre Ríos. En cuanto a la proporción de la población que ha alcanzado los distintos niveles no hay gran variación entre las provincias.

Además, podemos ver en el siguiente gráfico, obtenido del informe “Las escuelas técnicas secundarias en la Argentina” del Ministerio de Educación, la cantidad de establecimientos de educación técnica secundaria para cada provincia:



Fuente: RFIETP, 2016.

Figura N° 19: Escuelas técnicas secundarias de Argentina.

Buenos Aires y Santa Fe poseen gran cantidad de escuelas técnicas mientras que Entre Ríos solo cuenta con 77 establecimientos. Por lo expuesto, estos son los puntajes para el ítem de mano de obra:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Mano de obra	8	Cantidad	3	9	27	8	24	10	30
		Calidad	5	8	40	7	35	10	50
Subtotal				67		59		80	

2.4. Vías de Comunicación

A continuación, se analizan las rutas de acceso y líneas de ferrocarriles de las tres provincias. No es un requerimiento importar mercadería e inicialmente solo contemplamos la posibilidad de cubrir la necesidad nacional de polietileno con nuestro biopolímero, por lo que no se evalúan los puertos.

2.4.1. Rutas

Buenos Aires

El mapa de las rutas en la Región Norte de Buenos Aires nos muestra que las principales vías de comunicación terrestre son la Ruta Nacional N° 9 y la Ruta Nacional N° 8, que conectan a la provincia con el Norte de la Argentina, por lo tanto posee conexión con gran parte del país.

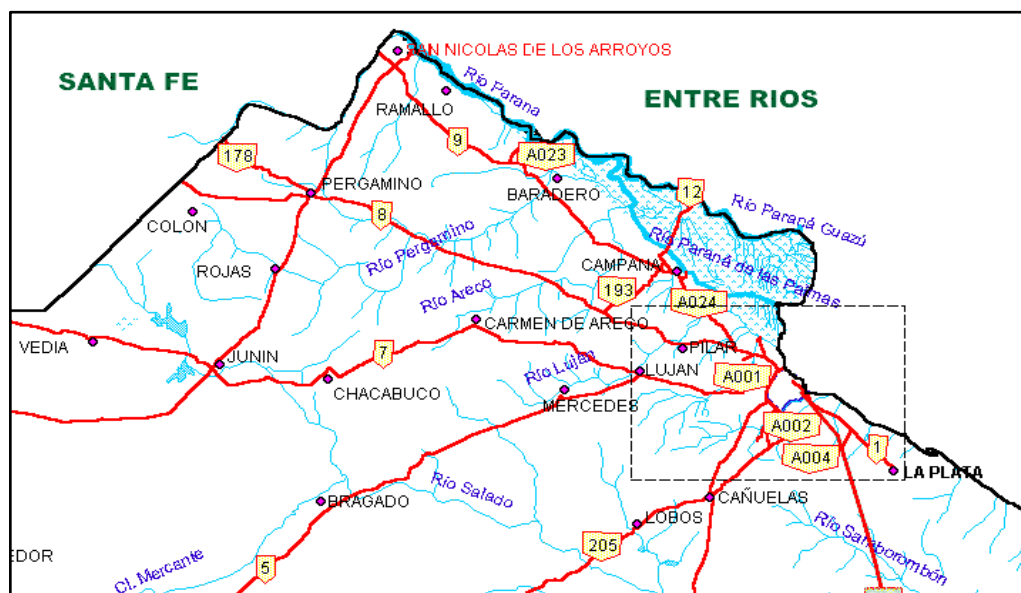


Figura N° 20: Mapa de rutas de Buenos Aires.

Santa Fe

En el mapa de rutas de la provincia de Santa Fe encontramos las siguientes vías:

- RN N° 33: Nace en la ciudad de Bahía Blanca, recorriendo la provincia de Bs. As hasta Santa Fe.
- RN N° 34: Une Santa Fe, Santiago del Estero, Tucumán, Salta y Jujuy.
- RN N° A008: Es una ruta circular que sólo recorre parte de la provincia de Santa Fe.
- RN N° A012: También una ruta circular en Santa Fe, que une la ruta 9 y la ruta 11 en San Lorenzo.
- RN N° 11: Une Santa Fe, Chaco y Formosa.

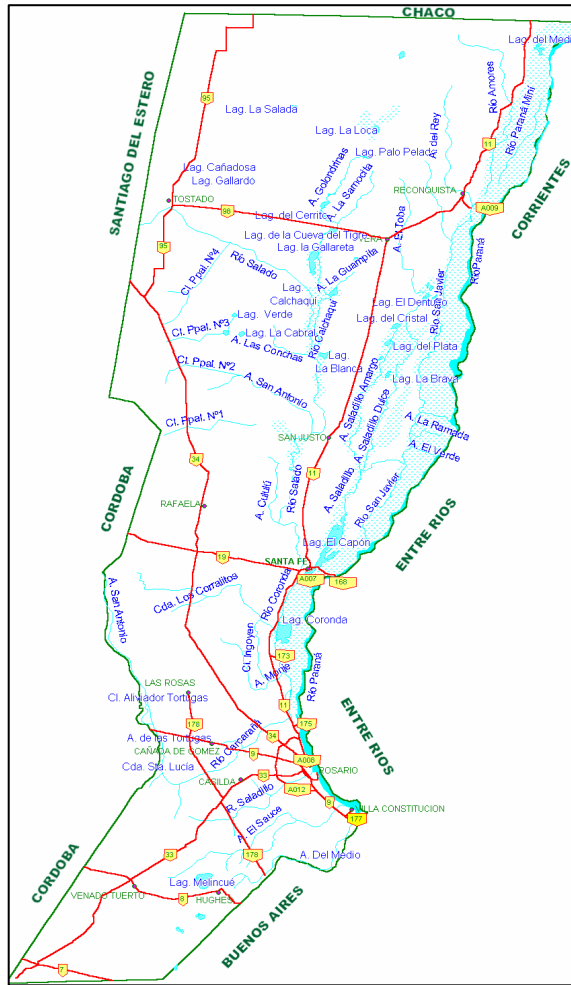


Figura N° 21: Mapa de rutas de Santa Fe.

Entre Ríos

La provincia de Entre Ríos posee 2.491 kilómetros de ruta pavimentada (red nacional y provincial), siendo las principales rutas:

- RN N° 12: Une a la provincia con el norte por Corrientes y Misiones.
- RN N° 14: Bordea el este de la provincia uniéndola con el puente de Zárate-Brazo Largo, acceso a Buenos Aires.
- RN N° 18: Atraviesa la provincia y la conecta a través del túnel subfluvial a Santa Fe.
- RN N° 127: También permite llegar al túnel subfluvial que cruza el río Paraná.
- RP N° 11, 6 y 39.



Figura N° 22: Mapa de rutas de Entre Ríos.

2.4.2. Ferrocarriles

Para analizar los ferrocarriles contamos con el siguiente mapa de Ferrocarril Belgrano Cargas y Logística:



Figura N° 23: Mapa de ferrocarriles de carga de Argentina.

Santa Fe cuenta con el Ferrocarril General Belgrano (azul) y el Ferrocarril General San Martín (rojo) al sur, Buenos Aires es el punto de partida de todos los ramales y Entre Ríos es atravesada por el Ferrocarril General Urquiza (verde). Por lo tanto, la región de Buenos Aires es la más favorecida en cuanto a esta vía de comunicación, ya que prácticamente cuenta con el acceso a cualquier parte del país. Entre Ríos tendrán menor puntaje por la presencia de una línea limitada que la conecta con Corrientes principalmente, mientras Santa Fe se encuentra comunicada con el norte y el noroeste del país.

Como conclusión, se establecen los siguientes puntajes, dándole mayor peso a las rutas:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Vías de Comunicación	8	Rutas	5	8	40	8	40	10	50
		Ferrocarril	3	9	27	6	18	10	30
			Subtotal	67		58		80	

2.5. Mercado

Según el informe de la Cámara Argentina de Industria Plástica existen en el país aproximadamente 2.795 plantas transformadoras de plástico y la distribución geográfica de las mismas es la siguiente:

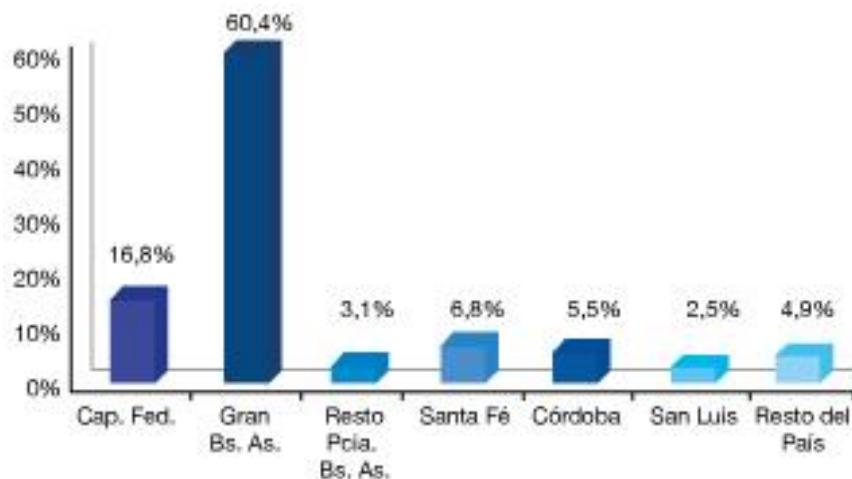


Figura N° 24: Distribución de la industria plástica en Argentina (2011).

Puede verse que en Buenos Aires se concentra la mayoría de las industrias que emplean materias primas plásticas, por ello esta provincia es la de mayor puntaje, seguida por Santa Fe y por último con el menor puntaje Entre Ríos.

A continuación, se detallan los porcentajes de las materias primas utilizadas.

Tipo de Material	Porcentaje
Polietileno de baja densidad (PeBD)	25,2%
Polipropileno (PP)	16,8%
Polietileno de alta densidad (PeAD)	16,6%
Politereftalato de etilengicol (PET)	13,5%
Policloruro de Vinilo (PVC)	8,2%
Poliestrieno (PS)	3,3%
Otras materias primas	9,2%

Tabla N° 10: Porcentajes de materiales plásticos empleados.

Este ítem de la matriz queda conformado de la siguiente manera:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Mercado	5	Cantidad	5	7	35	4	20	10	50
			Subtotal	35		20		50	

2.6. Parques Industriales

Es de gran interés instalar nuestra planta productiva en un parque o área industrial por los beneficios y facilidades que esto representa. A continuación, se muestra un gráfico con la distribución de los parques industriales por provincia obtenida a partir de información del Registro Nacional de Parques Industriales. En Buenos Aires se encuentra la mayoría de los parques y áreas industriales, seguida por Santa Fe y por último Entre Ríos.

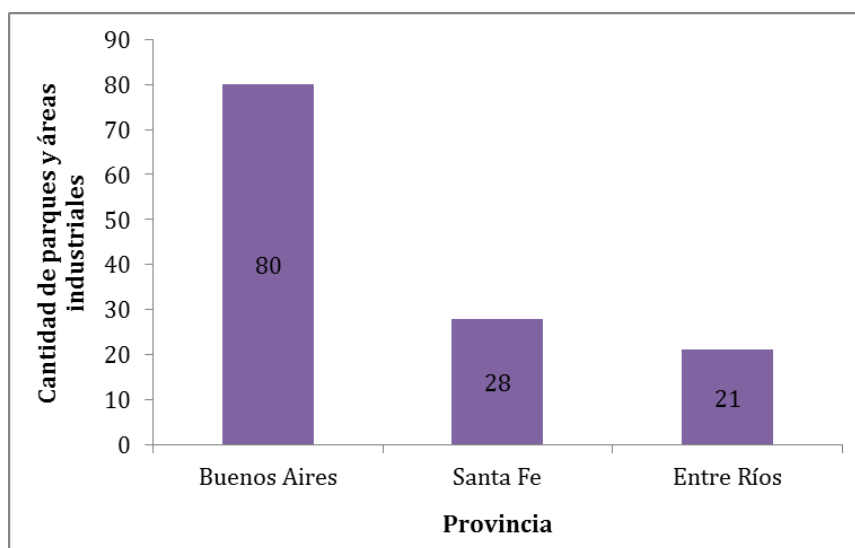


Figura N° 25: Cantidad de parques industriales por provincia.

Se muestran los mapas de cada provincia con la distribución de parques industriales.

Santa Fe

Se observa gran concentración de parques y áreas industriales en la zona de San Lorenzo pero no así al noreste de la provincia. En el departamento de Garay no hay áreas industriales actualmente y en San Javier se empezó la construcción de un parque industrial 4 km al norte de la ciudad en el año 2014.



Figura N° 26: Parques y áreas industriales de Santa Fe.

Buenos Aires

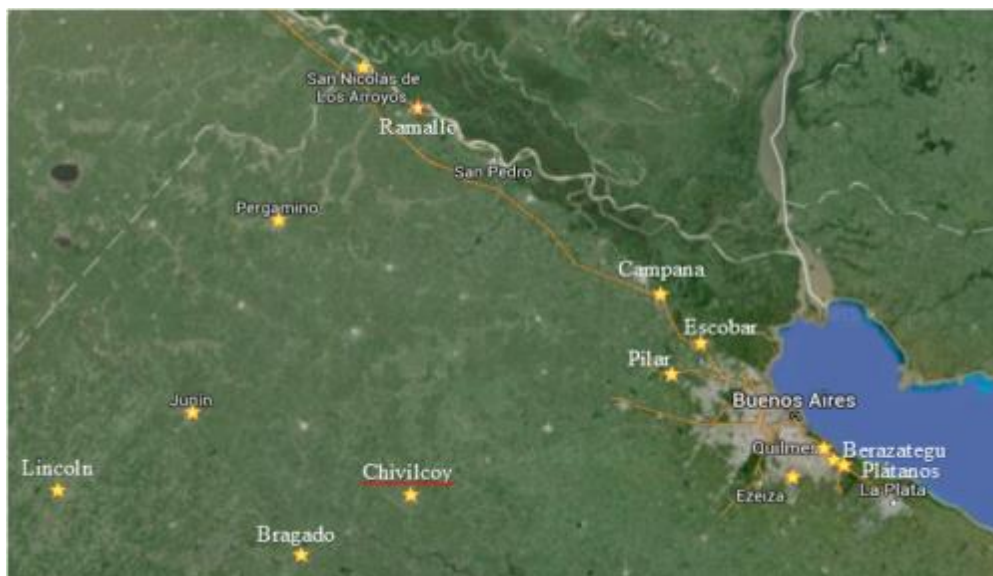


Figura N° 27: Parques industriales de Buenos Aires.

En la región Norte de Buenos Aires encontramos 14 parques industriales, aunque en el resto de la provincia existe un total de 80 parques registrados.

Entre Ríos



Figura N° 28: Parques y áreas industriales de Entre Ríos.

Cuenta con parques y áreas industriales concentradas en el centro de la provincia.

Buenos Aires es la provincia con mayor puntaje debido a la gran cantidad de parques y áreas industriales que posee. Santa Fe y Entre Ríos tienen un puntaje similar.

La matriz de macroubicación, en cuanto a este ítem, queda de la siguiente manera:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Parques industriales	8	Cantidad	8	8	64	7	56	10	80
			Subtotal	64		56		80	

2.7. Clima

Si bien las regiones elegidas no presentan climas desfavorables para la posibilidad de radicación de nuestra industria, es necesario hacer un análisis de las inundaciones y la posibilidad de sismos.

2.7.1. Inundaciones

Para analizar las inundaciones en las tres provincias a continuación se muestra un mapa de las áreas inundables.

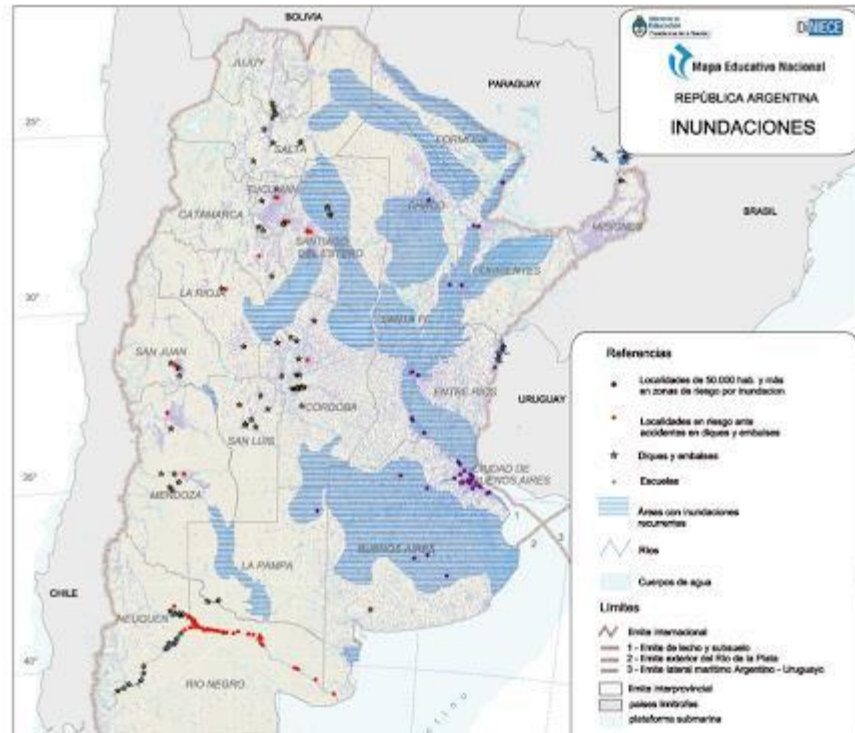


Figura N° 29: Mapa de las áreas inundables de Argentina.

Gran parte de Buenos Aires es susceptible a inundaciones, aunque parte del norte de la provincia no se ve tan afectada por las mismas. El este de Santa Fe y el sur de Entre Ríos también son proclives a sufrir inundaciones. Los puntajes serán parejos para Buenos Aires y Entre Ríos, siendo algo menor para Santa Fe por ser el área de interés el este de la provincia.

2.7.2. Sismos

Se analiza la posibilidad de sismos en las regiones de interés a partir del siguiente mapa obtenido del Instituto Nacional de Prevención Sísmica. Ninguna de las provincias estudiadas presenta riesgo de sismos, por lo tanto los puntajes asignados son iguales y altos en los tres casos.

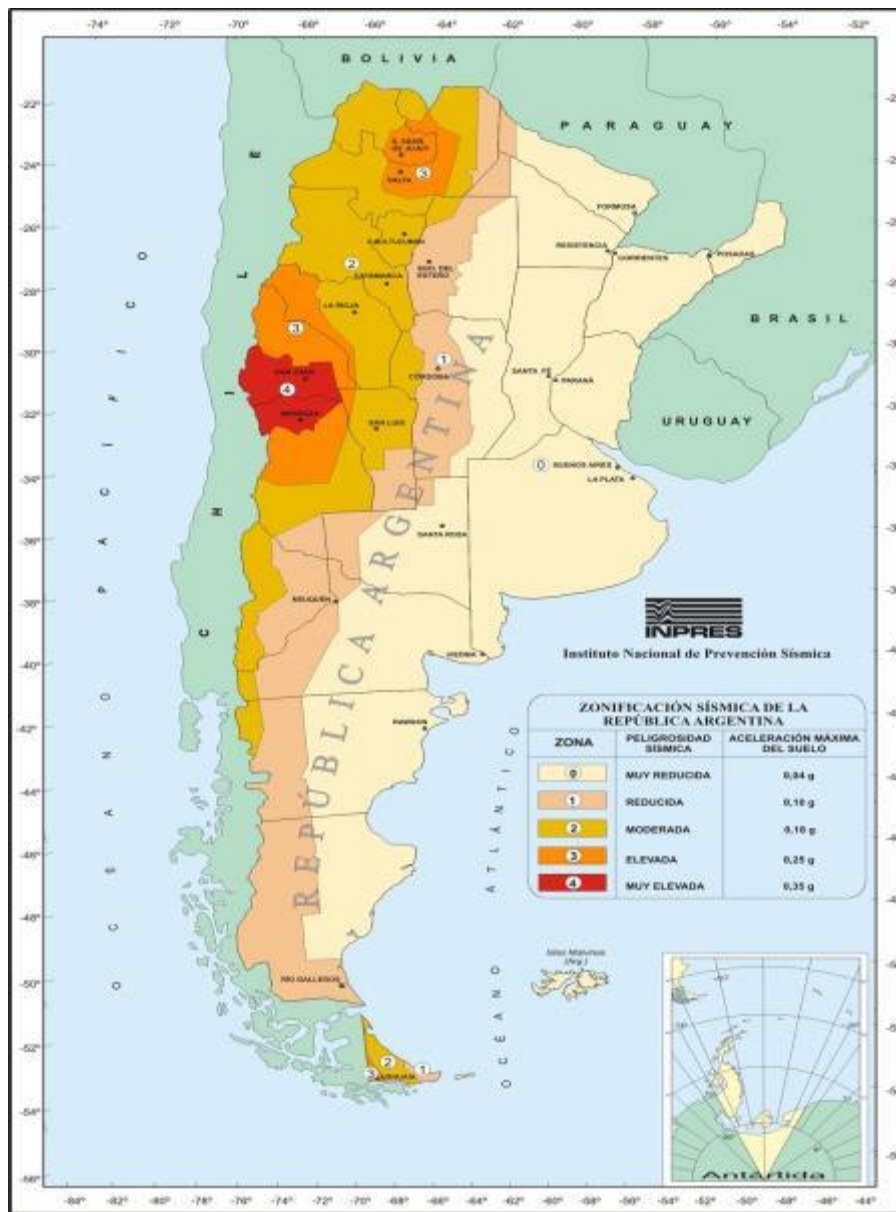


Figura N° 30: Mapa de zonificación sísmica de Argentina.

El ítem clima de la matriz queda conformado por los siguientes puntajes:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Clima	4	Inundaciones	2	5	10	7	14	7	14
		Sismos	2	10	20	10	20	10	20
			Subtotal	30		34		34	

2.8. Marco Legal

A partir del impulso del OPDS (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible) se sancionó en 2008 la Ley 13.868 de la Provincia de Buenos Aires que prohíbe el uso de bolsas de polietileno en la provincia de Buenos Aires, por lo tanto, esta ley favorece la producción de un polímero biodegradable que puede utilizarse como sustituto. Esta iniciativa se comparte en la provincia de Santa Fe.

Para analizar este ítem, lo dividiremos en Promoción Industrial y Normativas Ambientales.

2.8.1. Promoción Industrial

Santa Fe

La ley N° 8.478 de Promoción Industrial establece como beneficios los siguientes:

- ◆ Exención, reducción y/o diferimiento de tributos por períodos determinados hasta un plazo máximo de 10 años. En el caso de exención o reducción del Impuesto a los Ingresos Brutos, el mismo quedará condicionado al aporte forzoso del 3% o sobre los ingresos correspondientes a las actividades promovidas, el que se depositará a favor del Banco Santafesino de Inversión y Desarrollo S.A., quien lo capitalizará a favor del Estado Provincial.
- ◆ Venta, locación o donación, a precio de fomento o sin cargo de bienes del dominio público o privado del Estado Provincial.
- ◆ Expropiación de inmuebles para facilitar la instalación y/o ampliación de Parques y/o Áreas Industriales y/o Polos Industriales.
- ◆ Construcción de infraestructuras básicas para acondicionamiento de áreas y/o parques industriales para la radicación de industrias.
- ◆ Concesión de créditos a mediano y largo plazo, con tasas de interés en condiciones preferenciales.

Buenos Aires

En el 2008 se decretó la Ley N° 13.656 de Promoción Industrial, cuyos beneficios para la radicación de la industria son:

- ◆ Acceso a inmuebles de dominio privado del Estado en condiciones preferenciales.
- ◆ Exención de impuestos provinciales. Los límites son de 3 a 6 años.
- ◆ Accesos a financiamiento con condiciones preferenciales.
- ◆ Preferencia en las licitaciones del Estado Provincial en caso de que exista una diferencia igual o menor del 5% en las condiciones y precios con otras empresas no comprendidas en la ley.
- ◆ Acceso a los beneficios del Fondo de Garantías Buenos Aires.

- ◆ Apoyo en la obtención de las certificaciones de calidad, que sean definidas por la Autoridad de Aplicación.
- ◆ Descuentos en las prestaciones de servicio de: energía eléctrica, gas, agua y comunicaciones de acuerdo a los convenios que establezcan los Municipios adherentes a la presente Ley y la Provincia con las empresas prestatarias.
- ◆ Asistencia gubernamental en la gestión de los recursos humanos.

Entre Ríos

En el año 2013 se sancionó la ley N° 10.204 de Promoción Industrial que establece los siguientes beneficios:

- ◆ Preferencias en licitaciones y compras del Estado provincial.
- ◆ Exenciones totales o parciales en los impuestos provinciales por un plazo de 15 años. Las exenciones serán del 100% en los primeros cinco años, del 75% desde el año 6 al 10 y del 50% desde el año 11 al 15. Radicación en Parques y Áreas incrementa en 5 años el plazo de beneficio (20 años).
- ◆ Las nuevas industrias radicadas en parques industriales podrán obtener un reintegro de hasta un 50% de las inversiones que realicen en obras eléctricas y gasíferas.
- ◆ Las empresas (excepto las electro intensivas) podrán acceder a un reintegro por el consumo de energía eléctrica de hasta el 15%, dependiendo la tarifa energética.
- ◆ Asistencia en la gestión de los recursos humanos.

Las provincias de Santa Fe y Buenos Aires presentan beneficios en cuanto a acceso a inmuebles de dominio público o privado del Estado provincial y concesión de créditos, mientras que Entre Ríos ofrece plazos mucho mayores para la exención de impuestos. Por lo tanto, la provincia de mayor puntaje es Entre Ríos seguida por Santa Fe y por último, Buenos Aires.

2.8.2. Normativas Ambientales

Buenos Aires

La Ley N° 11.459 de Radicación Industrial, establece que todos los establecimientos industriales deberán contar con el Certificado de Aptitud Ambiental (con una validez de dos años) como requisito indispensable para la habilitación industrial. Este certificado será expendido por la Autoridad de Aplicación o el Municipio, previa Evaluación Ambiental, que deberá incluir:

- ◆ Memoria descriptiva donde se consignen los datos referidos a la actividad industrial a desarrollar, ingeniería de procesos, materias primas, insumos, productos a elaborar, subproductos, residuos, emisiones y efluentes a generar y estimación del personal a emplear.

- ◆ Proyecto de planta industrial con indicación de instalaciones mecánicas, eléctricas y de todo equipo y materiales que pueda afectar la seguridad o salubridad del personal o población, así como también las medidas de seguridad respectivas.
- ◆ Adecuado tratamiento y destino de los residuos sólidos, líquidos, semisólidos y gaseosos, que se generen inevitablemente.
- ◆ Ubicación del establecimiento en zona apta y caracterización del ambiente circundante.
- ◆ Informe de factibilidad de provisión de agua potable, gas y energía eléctrica.
- ◆ Elementos e instalaciones para la seguridad y la preservación de la salud del personal, como así para la prevención de accidentes, según lo establezca la reglamentación en función de la cantidad de personal y el grado de complejidad y peligrosidad de la actividad industrial a desarrollar.
- ◆ Toda otra norma que establezca la reglamentación con el objeto de preservar la seguridad y salud del personal, de la población circundante y del medio ambiente.

Santa Fe

En el año 2003 se sancionó la Ley N° 11.717 de “Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable”, cuyo decreto N° 101/2003 establece los Requerimientos Generales para Estudios de Impacto Ambiental:

- ◆ Resumen ejecutivo. Tratamiento conciso que permita la clara identificación del proyecto, de los problemas involucrados y de las acciones a desarrollar.
- ◆ Profesionales intervinientes responsables de los estudios.
- ◆ Descripción, objetivos y propósitos generales y justificación del proyecto propuesto. Ubicación, área de localización del proyecto; Definición y duración de las distintas etapas. Descripción de las distintas operaciones y procesos; incluyendo obras y servicios complementarios Materias primas e insumos; Previsiones con respecto al uso de los recursos naturales; Residuos generados, emisiones de materia o energía. Tratamiento, disposición y manejo. Cambios en el paisaje por la presencia física del proyecto. Estimación de las personas afectadas y/o beneficiadas con el proyecto. Determinación del área de afectación directa e indirecta del proyecto. Vida útil del proyecto. Cronograma de trabajo y plan de inversión.
- ◆ Marco legal, administrativo y político. Análisis del contexto político, legal-normativo y administrativo y su interacción con otros proyectos, dentro del cual fueron preparados los estudios ambientales.
- ◆ Datos de base. Investigación y estudios sobre el ambiente físico, químico, biológico, culturales, socioeconómicos y salud. Calidad del agua, suelo, aire y diversidad biológica. Inventarios de flora, fauna y recursos abióticos. Inventarios de los valores recreativos y estéticos. Caracterización del entorno. Determinación y caracterización de Pasivo Ambiental (si existiera).

- ◆ Análisis de alternativas. Desarrollo de las alternativas analizadas en función de la localización y/o procesos. Efectos de la no-realización del proyecto. Restricciones a la localización del proyecto (planes de ordenamiento, áreas protegidas, etc.)
- ◆ Identificación de impactos y efectos ambientales del proyecto elegido. Identificación y valoración de los impactos sobre el medio ambiente y del medio ambiente sobre el proyecto (sí correspondiera). Impactos por eventuales condiciones de operación anormal o accidentes. Descripción de impactos y efectos ambientales previsibles Efectos adversos inevitables del proyecto Metodología y fuentes de información para la identificación y valoración de impactos. Beneficios económicos, sociales y culturales a obtener.
- ◆ Plan de gestión ambiental. Necesidades de relocalización, compensación o indemnización. Identificación y descripción de los programas de mitigación, prevención y/o corrección. Análisis de riesgos. Prevención y medidas contingentes. Programa de vigilancia, monitoreo y control. Fuentes de financiamiento. Programas de Capacitación Ambiental de los Recursos Humanos. Clausura o abandono del sitio (parcial o total).
- ◆ Apéndices. Planos. Estudios y ensayos.

En cuanto a efluentes líquidos, la resolución 1089/1982 establece las condiciones a que deberá ajustarse el efluente y el proyecto, y las instalaciones de que debe dotarse a aquellos inmuebles cuyos líquidos residuales requieran un tratamiento previo para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores.

Entre Ríos

El Decreto N° 5837 de la Ley N° 6.260 de Prevención y Control de la contaminación por parte de Industrias establece que las industrias que deseen radicarse en la provincia deberán gestionar el certificado de funcionamiento que deberá contar con la siguiente información:

- ◆ Razón social de la empresa, domicilio legal, ubicación del establecimiento.
- ◆ Nombre de los profesionales actuantes en el proyecto, dirección de obras, y puesta a punto de los sistemas de tratamiento de residuos industriales.
- ◆ Certificación del Colegio de Profesionales de la Ingeniería de Entre Ríos sobre la locación del servicio entre el comitente y los profesionales actuantes.
- ◆ Número de personal a ocupar, horarios y días de trabajo.
- ◆ Memoria técnica que comprenda: Proceso de producción (materias primas, productos, agua a utilizar, combustibles, energía eléctrica y capacidad a instalar) y Residuos industriales (tipos, composición, caudales, tratamientos, transporte, eficiencia de los tratamientos, etc).
- ◆ Plano general de la planta y plano de las instalaciones de evacuación y tratamiento de residuos.
- ◆ Cronogramas de ejecución de la planta industrial.

El Decreto 4.977/09 reglamenta el Estudio de Impacto Ambiental y establece los contenidos mínimos para el mismo:

- ◆ Índice.
- ◆ Resumen ejecutivo.
- ◆ Descripción, objetivos y justificación del proyecto propuesto.
- ◆ Profesionales intervinientes responsables de los estudios.
- ◆ Área de localización del proyecto.
- ◆ Marco legal y administrativo.
- ◆ Datos de base.
- ◆ Análisis de alternativas.
- ◆ Identificación de impactos y efectos ambientales del proyecto elegido.
- ◆ Plan de gestión ambiental.
- ◆ Comunicación a la Comunidad.
- ◆ Anexos

Como conclusión, en lo que respecta a documentación requerida en cuanto a normativas de evaluación de impactos ambientales, los organismos de las tres provincias exigen documentación similar, por lo que los puntajes son los mismos.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Marco legal	6	Beneficios	2	9	18	9	18	9	18
		Impuestos	2	8	16	10	20	6	12
		Normativa ambiental	2	4	8	4	8	4	8
			Subtotal	42		46		38	

3. Matriz de Macroubicación

Finalmente, se presenta la matriz donde puede verse que la provincia más propicia para la instalación de nuestra planta es Santa Fe con un total de 876 puntos, teniendo amplia diferencia con Buenos Aires y Entre Ríos.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	Santa Fe	Parcial	Entre Ríos	Parcial	Buenos Aires	Parcial
Materia Prima	40	Cáscara de arroz	20	10	200	10	200	1	20
		Almidón de maíz	12	8	96	1	12	9	108
		Glicerina	8	10	80	5	40	7	56
			Subtotal	376		252		184	
Agua	11	Superficial	5	10	50	10	50	9	45
		Subterránea	6	10	60	10	60	9	54
			Subtotal	110		110		99	
Energía	10	Electricidad	5	10	50	10	50	10	50
		Gas	5	7	35	7	35	10	50
			Subtotal	85		85		100	
Mano de obra	8	Cantidad	3	9	27	8	24	10	30
		Calidad	5	8	40	7	35	10	50
			Subtotal	67		59		80	
Vias de Comunicación	8	Rutas	5	8	40	8	40	10	50
		Ferrocarril	3	9	27	6	18	10	30
			Subtotal	67		58		80	
Mercado	5	Cantidad	5	7	35	4	20	10	50
			Subtotal	35		20		50	
Parques industriales	8	Cantidad	8	8	64	7	56	10	80
			Subtotal	64		56		80	
Clima	4	Inundaciones	2	5	10	7	14	7	14
		Sismos	2	10	20	10	20	10	20
			Subtotal	30		34		34	
Marco legal	6	Beneficios	2	9	18	9	18	9	18
		Impuestos	2	8	16	10	20	6	12
		Normativa ambiental	2	4	8	4	8	4	8
			Subtotal	42		46		38	
TOTAL	100			876		720		745	

Figura N° 31: Matriz de macroubicación final obtenida.



Figura N° 33: Mapa de los parques y áreas industriales de Santa Fe con los centros de glicerina, cáscara de arroz y almidón.

Se analizarán los departamentos de La Capital, Las Colonias y Rosario. Esta selección se hizo siguiendo los siguientes criterios:

- Se eligen los departamentos de Las Colonias y Rosario porque allí se encuentran productores de dos de las materias primas, ya que ningún departamento posee producción de las tres materias primas. De esta forma, sólo habrá que transportar una mayor distancia la materia prima restante.
- Se elige el departamento de La Capital a pesar de no tener producción de materias primas, porque el parque industrial Sauce Viejo se encuentra a sólo 30 km del molino arrocero de Adecoagro en Franck y a 45 km de Glutal en Esperanza, departamento de Las Colonias.
- No se tuvieron en cuenta los departamentos de Garay y San Javier, donde hay gran producción de arroz, porque no se encuentra registrado ningún parque industrial y sólo encontramos el molino arrocero MALSA en San Javier, por lo que habría gran distancia a las otras materias primas.

Se estudian en detalle los siguientes ítems para determinar la Microubicación de nuestra planta por departamento:

- Materia prima
- Agua
- Vías de comunicación
- Terreno
- Mano de obra
- Mercado

4.1. Materia prima

Se estudian las distancias desde los parques o áreas industriales de interés hasta las empresas productoras de nuestras materias primas. Al igual que en la Macroubicación, la cáscara de arroz y el almidón serán las de mayor puntaje por requerir de grandes cantidades y por poseer, la cáscara de arroz, una densidad aparente muy baja.

4.1.1. Departamento La Capital

Como se indicó, este departamento no cuenta con las materias primas de interés, pero los parques que se ubican aquí se encuentran a poca distancia del molino arrocero de la Adecoagro en Franck. También encontramos la empresa Los Cerrillos en Santa Rosa de Calchines (Garay).

Los parques son los siguientes:

- Parque Industrial Oficial de Desarrollo Sauce Viejo.
- Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM.
- Área Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Santa Fe (Los Polígonos).

Tomaremos un punto equidistante a las zonas industriales de interés para hacer el análisis. La distancia promedio desde los molinos arroceros al punto medio es de 45 km.

La distancia a la empresa Glutal, fabricante de almidones, es de unos 41 km. Su producción no es tan elevada por lo que requeriremos de un segundo proveedor. En la ciudad de Rosario se encuentra un centro de distribución de la empresa Glucovil. La distancia desde el punto equidistante es de 165 km. El promedio de distancia a ambos proveedores es de 103 km.

En cuanto a glicerina, analizamos las distancias a las principales empresas productoras de biodiesel.

Empresa	Ciudad	Departamento	Distancia promedio a los Parques (km)
AGD Bunge	Puerto General San Martín	San Lorenzo	143
Cargill	Gobernador Galvez	Rosario	146
Explora	Puerto General San Martín	San Lorenzo	143
LDC Argentina	General Lagos	Rosario	198
Molinos Río de la Plata	Avellaneda	General Obligado	173
Renova Vicentin	San Lorenzo	San Lorenzo	131
Unitec Bio	Puerto General San Martín	San Lorenzo	137

Tabla N° 11: Distancia a empresas productoras de biodiesel de la zona industrial de La Capital.

Esto nos da un promedio de 153 km a las ciudades de mayor producción de biodiesel.

Como conclusión, La Capital tendrá un buen puntaje en lo referido a la cáscara de arroz y un puntaje menor en cuanto a almidón y glicerina.

4.1.2. Departamento Las Colonias

El Área Industrial Mixta de Desarrollo de Esperanza se encuentra a 20 km del molino arrocero de Adecoagro (Franck) y a 100 km de Los Cerrillos (Santa Rosa), dando un promedio de 60 km. No encontramos otra zona industrial registrada en este departamento, por lo que nos basaremos en esta área para analizar los siguientes ítems.

La distancia a Glutal es de 7 km y se encuentra a unos 200 km del centro de distribución de Glucovil. La distancia promedio es de 103 km.

Respecto a la glicerina, haremos el mismo análisis de distancias.

Empresa	Ciudad	Departamento	Distancia al Área Industrial Esperanza (km)
AGD Bunge	Puerto General San Martín	San Lorenzo	174
Cargill	Gobernador Galvez	Rosario	177
Explora	Puerto General San Martín	San Lorenzo	174
LDC Argentina	General Lagos	Rosario	225
Molinos Río de la Plata	Avellaneda	General Obligado	205
Renova Vicentin	San Lorenzo	San Lorenzo	162
Unitec Bio	Puerto General San Martín	San Lorenzo	168

Tabla N° 12: Distancia a empresas productoras de biodiesel de la zona industrial de Las Colonias.

La distancia promedio es de aproximadamente 183 km.

Finalmente, el puntaje en cuanto a cáscara de arroz será elevado, respecto a almidón será igual que el de La Capital por ser una distancia muy similar y respecto a glicerina será más bajo.

4.1.3. Departamento Rosario

Aquí encontramos numerosos parques y áreas industriales:

- Parque Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Alvear.
- Área Industrial Oficial de Desarrollo de Villa Gobernador Galvez.
- Parque Industrial Metropolitano.
- Área Industrial Ovidio Lagos.
- Área Industrial Rosario Oeste.
- Área Industrial Empresarial Rosario.
- Parque Industrial Área Uno Arroyo.

Tomamos la ciudad de Alvear como punto medio entre los parques encontrados para la determinación de las distancias. La distancia al molino arrocero de Adecoagro es de aproximadamente 190 km y a Los Cerrillos, de 238 km, dando en promedio 214 km.

En cuanto al almidón de maíz, la distancia a Glutal es de unos 211 km pero el centro logístico de Glucovil se encuentra en la ciudad de Rosario a 17 km. La distancia promedio es de 114 km.

Encontramos dos grandes productores de biodiesel en Rosario y cuatro, en San Lorenzo que se encuentra adyacente a Rosario.

Empresa	Ciudad	Departamento	Distancia a la ciudad Alvear (km)
AGD Bunge	Puerto General San Martín	San Lorenzo	50
Cargill	Gobernador Galvez	Rosario	54
Explora	Puerto General San Martín	San Lorenzo	51
LDC Argentina	General Lagos	Rosario	13
Molinos Río de la Plata	Avellaneda	General Obligado	15
Renova Vicentin	San Lorenzo	San Lorenzo	64
Unitec Bio	Puerto General San Martín	San Lorenzo	54

Tabla N° 13: Distancia a empresas productoras de biodiesel de la zona industrial de Rosario.

La distancia promedio es de 43 km.

Por lo expuesto, este departamento tendrá bajo puntaje en lo referido a cáscara de arroz, un mejor puntaje en lo que respecta a almidón de maíz y el mayor puntaje para la glicerina.

A continuación, se muestran los puntajes del ítem Materia Prima de la matriz:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Las Colonias	Parcial	Rosario	Parcial
Materia Prima	60	Cáscara de arroz	30	9	270	8	240	1	30
		Almidón de maíz	20	8	160	8	160	7	140
		Glicerina	10	6	60	5	50	9	90
Subtotal				490		450		260	

4.2. Terreno

Se analizará si existen terrenos disponibles en los parques industriales de los departamentos indicados.

4.2.1. Departamento La Capital

- Parque Industrial Oficial de Desarrollo Sauce Viejo: Posee una superficie total de 171 hectáreas divididas en 209 lotes. Según la información del Registro Nacional de Parques Industriales, cuenta con lotes disponibles.
- Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM: Posee una superficie total de 14 hectáreas y según el RENPI, cuenta con disponibilidad de lotes.
- Área Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Santa Fe (Los Polígonos): Se compone de dos zonas: Los Polígonos I y II. Poseen una superficie total de 22 hectáreas y 9 hectáreas, respectivamente. Cuenta con disponibilidad de terrenos en Los Polígonos II.

Por lo tanto, el puntaje referido a este ítem será alto.

4.2.2. Departamento Las Colonias

Se evalúa la disponibilidad de terrenos en el Área Industrial Mixta de Desarrollo de Esperanza. Cuenta con una superficie total de 64 hectáreas y existen lotes disponibles.

4.2.3. Departamento Rosario

Aquí encontramos los siguientes parques y áreas industriales:

- Parque Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Alvear.
- Área Industrial Oficial de Desarrollo de Villa Gobernador Galvez.
- Parque Industrial Metropolitano (Pérez).
- Área Industrial Ovidio Lagos: Cuenta con una superficie total de 12 hectáreas con 12 lotes disponibles.
- Área Industrial Rosario Oeste: Posee una superficie de 12 hectáreas y 12 lotes.
- Área Industrial Empresarial Rosario: Posee una superficie de 280 hectáreas.

- Parque Industrial Área Uno Arroyo: Cuenta con una superficie de 4,9 hectáreas y 49 lotes disponibles.

Los primeros tres parques no cuentan con disponibilidad de terrenos. Las tres áreas industriales siguientes han sido ideadas por la Municipalidad de Rosario y cuentan con algunos lotes disponibles. El Parque Industrial Área Uno Arroyo cuenta con lotes disponibles que se han puesto a la venta en febrero de 2018.

En resumen, La Capital tendrá un puntaje alto por contar con tres parques con disponibilidad de terrenos, Las Colonias tendrá el menor puntaje por contar con un solo parque donde radicar nuestra empresa y, por último, Rosario tendrá el mayor puntaje por contar con tres áreas industriales y un parque de reciente construcción con gran disponibilidad de terrenos.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Las Colonias	Parcial	Rosario	Parcial
Terreno	15	Disponibilidad	15	9	135	6	90	10	150
			Subtotal	135		90		150	

4.3. Mano de obra

Se evaluará la cantidad y nivel de formación de la población entre las edades de 20 a 60 años en cada departamento. Se da igual importancia a cada ítem considerado.

4.3.1. Cantidad de población

Departamento	Total Población (20 a 60 años)
La Capital	270.720
Las Colonias	53.927
Rosario	636.623

Tabla N° 14: Total de población de los departamentos estudiados.

Como es de esperarse, la población se concentra en el departamento de Rosario, por lo que se le asigna el mayor puntaje, y un puntaje menor y proporcional a la cantidad de población a los departamentos de La Capital y Las Colonias.

4.3.2. Nivel de formación alcanzado

Para el mismo rango de edades, se estudian los niveles terciario y universitario de educación.

Departamento	Superior no universitario completo		Universitario completo		Porcentaje respecto al total de población	
	Superior no universitario completo	Universitario completo	Superior no universitario	Universitario	Superior no universitario	Universitario
La Capital	21.224	21.817	8%	8%		
Las Colonias	4.210	2.854	8%	5%		
Rosario	46.433	58.701	7%	9%		

Tabla N° 15: Nivel de formación alcanzado en los departamentos estudiados.

Como puede verse, la proporción de la población que ha alcanzado un nivel de educación terciario y universitario es similar en los tres departamentos, por lo tanto, los puntajes serán similares en cuanto a este ítem.

Item	Puntos	Subítem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Las Colonias	Parcial	Rosario	Parcial
Mano de obra	10	Cantidad	5	8	40	7	35	10	50
		Nivel de formación	5	9	45	8	40	9	45
			Subtotal	85		75		95	

4.4. Vías de comunicación

Se estudian las rutas y accesos que atraviesan los departamentos elegidos. No se tienen en cuenta los puertos por no requerir de la importación de materias primas ni considerar la exportación de nuestro producto.

4.4.1. Departamento La Capital

Se encuentra comunicado con el norte y sur de la provincia a través de la Ruta Nacional N° 11. Es atravesado por la Autopista N° A007 que constituye una vía rápida de movilidad hacia el Puerto de la ciudad de Santa Fe y la conexión con la Autovía N° 168 hacia Entre Ríos. Esta ruta desemboca en la Autopista Rosario-Santa Fe, en la Ruta Nacional N° 19 que une Santa Fe con Córdoba y en la Ruta Provincial N° 70 que une la ciudad de Esperanza, Las Colonias.

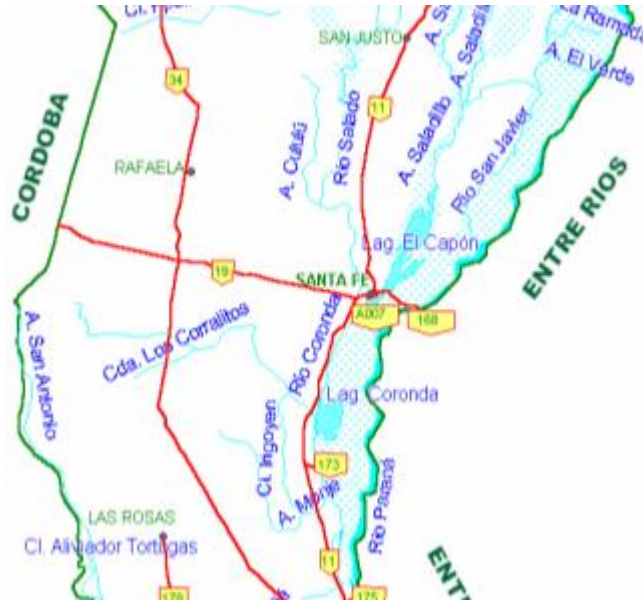


Figura N° 34: Mapa de rutas del departamento La Capital.

4.4.2. Departamento Las Colonias

Como se mencionó, se encuentra conectado por la Ruta Provincial N° 70 con el este de la provincia y la Ruta Nacional N° 11, y por la Ruta Nacional N° 19 con la provincia de Córdoba. También es atravesado por la Ruta Provincial N° 10 que une el puerto de Rosario con el resto de la provincia.



Figura N° 35: Mapa de rutas del departamento Las Colonias.

4.4.3. Departamento Rosario

Aquí nacen, desde la Ruta Nacional N° A008 (Avenida Circunvalación 25 de Mayo), una gran cantidad de rutas nacionales y provinciales:

- Ruta Nacional N° 11
- Autopista Rosario-Santa Fe
- Ruta Nacional N° 34: Atraviesa la provincia y la conecta con las provincias del norte del país.
- Ruta Nacional N° 9: Al igual que la RN N° 34 une la provincia con el norte del país pasando por la provincia de Córdoba y con el norte de Buenos Aires.
- Ruta Nacional N° 33: Conecta Rosario con el oeste de la provincia de Buenos Aires.
- Ruta Provincial N° 18: Se extiende hacia el sur de Santa Fe transformándose en la Ruta Provincial N° 32 en Buenos Aires.



Figura N° 36: Mapa de rutas del departamento Rosario.

Como conclusión, se asigna un alto puntaje a Rosario y menor puntaje a La Capital y Las Colonias por la necesidad de atravesar Rosario para comunicarse con Buenos Aires.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Las Colonias	Parcial	Rosario	Parcial
Vías de Comunicación	8	Rutas	8	9	72	9	72	10	80
			Subtotal		72		72		80

4.5. Mercado

Para evaluar este aspecto en los tres departamentos nos basaremos en las distancias de estos a la provincia de Buenos Aires, particularmente al Gran Buenos Aires, donde se concentra la mayoría de las industrias transformadoras de plástico como se detalló en la Macroubicación.

Por lo tanto, el departamento de Rosario tendrá el mayor puntaje, y los departamentos de La Capital y Las Colonias compartirán el mismo puntaje por ser limítrofes.

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Las Colonias	Parcial	Rosario	Parcial
Mercado	7	Distancia	7	7	49	7	49	10	70
			Subtotal	49		49		70	

5. Matriz de Microubicación

Finalmente, la matriz queda conformada de la siguiente manera:

Item	Puntos	Subitem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Las Colonias	Parcial	Rosario	Parcial
Materia Prima	60	Cáscara de arroz	30	9	270	8	240	1	30
		Almidón de maíz	20	8	160	8	160	7	140
		Glicerina	10	6	60	5	50	9	90
			Subtotal	490		450		260	
Terreno	15	Disponibilidad	15	9	135	6	90	10	150
			Subtotal	135		90		150	
Mano de obra	10	Cantidad	5	8	40	7	35	10	50
		Nivel de formación	5	9	45	8	40	9	45
			Subtotal	85		75		95	
Vías de Comunicación	8	Rutas	8	9	72	9	72	10	80
			Subtotal	72		72		80	
Mercado	7	Distancia	7	7	49	7	49	10	70
			Subtotal	49		49		70	
Total	100			831		736		655	

Figura N° 37: Matriz de microubicación final obtenida.

La Capital es el departamento de mayor puntaje, por lo que allí se establecerá la planta productiva. Se estudian a continuación los parques industriales de este departamento para definir la localización.

5.1. Parque Industrial Oficial de Desarrollo Sauce Viejo

Posee una superficie total de 171 hectáreas divididas en 209 lotes. Según la información del Registro Nacional de Parques Industriales, cuenta con lotes disponibles. Los servicios con los que cuenta son:

- Agua potable.
- Desagües pluviales.
- Alumbrado público.
- Energía eléctrica.
- Cerco perimetral.
- Caminos internos pavimentados.
- Transporte urbano.
- Seguridad privada.
- Estacionamiento para automóviles y camiones.
- Mantenimiento de áreas comunes.

No cuenta con:

- Desagües industriales.
- Cloacas.
- Gas.

5.2. Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM

Cuenta con infraestructura para el crecimiento de nuevas empresas. Se divide en:

Pre-incubación: Módulos con amoblamiento de oficina, computadoras conectadas a Internet, telefonía, equipamiento de alta tecnología disponible para el emprendedor y sala de reuniones multimedia.

Incubadora de Empresas: Equipada con 5 laboratorios, 3 gabinetes y 8 oficinas que permiten llevar a cabo varios emprendimientos en forma simultánea. Espacio físico modular acorde a cada firma, sala de reuniones multimedia, asesoramiento jurídico, contable y financiero, laboratorios de 45 m² con pileta de desagüe para líquidos especiales.

Pre-radicación: “Contenedores de empresas”, estructuras modulares de 100 m² donde los emprendedores pueden construir las dependencias (oficinas, laboratorios, vestuarios) inherentes a la actividad económica y a las necesidades funcionales del proyecto.

Condominio Empresarial: Edificio con oficinas, equipado para emprendimientos que trabajan en el área de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Servicios comunes.

Radicación: Predios destinados a la construcción de empresas. Cesión de uso del terreno por 30 años, beneficios impositivos, asesoramiento jurídico, contable y financiero, ventajas entorno científico y tecnológico, seguridad privada.

Los servicios son los siguientes:

- Red eléctrica de media y baja tensión.
- Red de agua potable.
- Gas.
- Red de telefonía.
- Desagües pluviales.
- Desagüe cloacal con planta de tratamiento de efluentes industriales y cloacales.
- Trazado de caminos vehiculares.
- Alumbrado público.
- Cerco perimetral.

5.3. Área Industrial Oficial de Desarrollo y Descongestión de Santa Fe (Los Polígonos)

Cuenta con infraestructura básica que comprende:

- Red de agua potable.
- Calles pavimentadas.
- Red eléctrica de baja y media tensión.
- Alumbrado público.

5.4. Conclusión

Se elige el Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM por ofrecer importantes facilidades para las nuevas industrias que deseen radicarse allí.

A continuación, se muestra el mapa del parque y algunas de las empresas radicadas:



Figura N° 38: Mapa del Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM.

- INTEC: Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (CONICET-UNL).
- Zelltek S.A.: Biotecnología.
- Zoovet: Productos veterinarios.
- Clorar Ingeniería: Consultoría, investigación y diseño de procesos y equipos para la industria química.
- Biotecnofe: Bio-terapéuticos de uso veterinario.
- Bioingredientes: Producción de esencias orgánicas.
- Gema: Producción de hormonas de crecimiento.
- Incapce: Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (CONICET-UNL).
- IMAL: Instituto de Matemática Aplicada del Litoral (CONICET-UNL).



Figura N° 39: Lotes del Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM.

Se seleccionan los lotes C2 y C3 indicados en el esquema para radicar nuestra planta. La superficie total es de 5.000 m² aproximadamente y sus dimensiones son 63 m de largo y 79,40 m de ancho.

6. Bibliografía

- Universidad Nacional del Litoral. Las Aguas subterráneas de Santa Fe. Recuperado de: http://www.unl.edu.ar/recorriendosantafe/wp-content/uploads/2009/11/ficha_29.pdf.
- Biodiesel Argentina. Biodiesel en Argentina. Presentación de la Cámara de Empresas Pymes de Energía y Biocombustibles CEPREB. Recuperado de: <https://biodiesel.com.ar/6953/biodiesel-en-argentina-presentacion-de-la-camara-de-empresas-pymes-de-energia-y-biocombustibles-cepeb>.
- Bolsa de Cereales de Entre Ríos. (2018). Recuperado de: <http://www.bolsacer.org.ar>.
- Oferta Exportable. Cañada de Gomez. Infraestructura. Recuperado de: <http://cdgexporta.com.ar/infraestructura.php>.
- Gobierno de Santa Fe. Censo de Santa Fe. (2010). Recuperado de: <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/Estructura-de-Gobierno/Ministerios/Economia/Secretaria-de-Planificacion-y-Politica-Economica/Direccion-Provincial-del-Instituto-Provincial-de-Estadistica-y-Censos-de-la-Provincia-de-Santa-Fe/ESTADISTICAS/Censos/Poblacion/Censo-Nacional-de-Poblacion-y-Vivienda-2010/Distritos/Poblacion/Educacion-segun-Censo-Nacional-de-Poblacion-2010.-Provincia-de-Santa-Fe>.
- Gobierno de Entre Ríos. Certificado Ambiental Entre Ríos. Recuperado de: https://www.entrerios.gov.ar/ambiente/certificado_apitud/DECRETO_4977.pdf.
- Secretaría de Ciencia y Técnica. Universidad de Buenos Aires. Programa Interdisciplinario de la UBA para el Desarrollo, PIUBAD Cosecha de Maíz. (2017). Recuperado de: http://cyt.rec.uba.ar/piubad/SiteAssets/Documentos%20del%20sitio/Productos%20Primarios/1%20_%20Fichas%20ensambladas/Maiz.pdf.
- INDEC. Educación según Censo Nacional de Población. (2010). Recuperado de: https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf.
- Energía Argentina SA. Recuperado de: <https://www.enarsa.com.ar/proyectos/gnea/>.
- Energía eléctrica de Santa Fe. Recuperado de: <http://www.celar.com.ar/index.php/widgetkit/gally>.
- Santa Fe, mi país. Hidrografía de Santa Fe. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/santafemi-pais/condiciones-naturales/condiciones-naturales-hidrografia>.
- Ecoplas. Industria transformadora plástica argentina. Recuperado de: http://ecoplas.org.ar/cadena_productiva/perfiles_transformadores.php.
- Bolsa de Cereales de Entre Ríos. Informe de producción de arroz en Entre Ríos. Campaña 2016-2017. Recuperado de: <http://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=911>.
- Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química. Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas Universidad Nacional del Litoral. Recuperado de: <https://intec.conicet.gov.a/>.
- Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Mapa Educativo Nacional. Recuperado de: <http://mapa.educacion.gob.ar/>.

- Mapa de todos los países. Mapa de Entre Ríos. Recuperado de: https://www.mapade.org/entre_rios.html.
- Sitios Argentina. Mapa de rutas de Santa Fe. Recuperado de: https://www.sitiosargentina.com.ar/categorias/rutas/mapas_de_rutas/SANTA_FE.htm.
- Biblioteca digital de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Molienda húmeda de Maíz: Optimización del proceso y desarrollo de nuevas técnicas tendientes a mejorar la calidad de sus productos. Recuperado de: http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3217_Haros.pdf.
- Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires. Panorama productivo de Buenos Aires. (2012). Recuperado de: http://www.ec.gba.gov.ar/areas/estudios_proyecciones/Archivos/Panorama%20productivo%20de%20la%20provincia%20de%20Buenos%20Aires%20-%20Marzo%20de%202012.pdf.
- Santa Fe Ciudad. Parque Industrial Los Polígono. Recuperado de: https://www.santafeciudad.gov.ar/municipio_primer_paso_para_poligonos/.
- Parque Tecnológico del Litoral Centro. Recuperado de: <http://www.santafeconicet.gov.ar/servicios/comunica/parque3.html>
- Ministerio de Producción. Listado de Parques Industriales inscriptos el RENPI. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parques-industriales-inscriptos-en-el-renpi-al-1-3-2018.pdf>.
- Fundación Proarroz. Producción de Arroz en Argentina. Campaña 2010/11. Recuperado de: http://proarroz.com.ar/static/presentaciones/produccion-de-arroz-en-argentina-bolsa-de-cereales_74.pdf.
- Trenes Argentinos Cargas. Recuperado de: <https://www.bcyl.com.ar/>.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo IV: Descripción del Proceso

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo	122
2. Descripción general.....	122
3. Obtención de lignina	124
3.1. Molienda.....	124
3.2. Pre-tratamiento ácido.....	124
3.3. Centrifugación	125
3.4. Deslignificación	126
3.5. Enfriamiento	127
3.6. Centrifugación	127
3.7. Evaporación de etanol.....	128
3.8. Condensación de etanol	128
3.9. Precipitación de lignina	128
3.10. Centrifugación	129
3.11. Diagrama de bloques y equipos.....	129
4. Modificación de almidón de maíz.....	131
4.1. Reacción de entrecruzamiento	131
4.2. Centrifugación	132
4.3. Tratamiento térmico	133
4.4. Molienda.....	133
4.5. Mezclado en línea y transporte	134
4.6. Diagrama de bloques y equipos	134
5. Formación de polímero biodegradable	136
5.1. Extrusión.....	136
5.2. Peletizado.....	137
5.3. Empaquetado	138
5.4. Diagrama de bloques y equipos	138

6. Tratamiento de efluentes	139
6.1. Diagrama de bloques y equipos	140
7. Lavador de gases	141
8. Bibliografía.....	142

Índice de Figuras

Figura N° 1: Diagrama general de producción de polímero biodegradable.	123
Figura N° 2: Diagrama de bloques del proceso de Obtención de lignina.....	129
Figura N° 3: Diagrama de equipos del proceso de Obtención de lignina.	130
Figura N° 4: Reacción de entrecruzamiento de almidón con STPP.....	131
Figura N° 5: Diagrama de bloques del proceso de Modificación del Almidón.	134
Figura N° 6: Diagrama de equipos del proceso de Modificación del Almidón.	135
Figura N° 7: Esquema de la unidad de peletizado.....	137
Figura N° 8: Diagrama de bloques del proceso de Formación del Polímero Biodegradable.	138
Figura N° 9: Diagrama de equipos del proceso de Formación del Polímero Biodegradable.....	138
Figura N° 10: Diagrama de bloques del proceso de Tratamiento de Efluentes.	140
Figura N° 11: Diagrama de equipos del proceso de Tratamiento de Efluentes.	140

1. Objetivo

El objetivo de este capítulo consiste en la descripción detallada del proceso de producción de polímero biodegradable a partir de las patentes y publicaciones empleadas como base. Se explicarán las distintas etapas y los equipos seleccionados para cada operación.

2. Descripción general

Según la patente empleada US 6.406.530 B1, la mezcla para conformar el polímero biodegradable comprende un material polimérico que puede ser del grupo de las proteínas o los polisacáridos. Se elige el uso de almidón, que es una mezcla de los polisacáridos amilosa y amilopectina. Para mejorar las propiedades del producto final, se propone realizar la modificación del almidón con tripolifosfato de sodio (STPP). Los almidones fosfatados mediante este proceso, producen interacciones más fuertes con el plastificante en el momento de la formación del bioplástico. Esto se explica a través de la formación de enlaces del tipo puente de hidrógeno entre los fosfatos del almidón modificado y el plastificante. De esta manera, se incrementa la tensión de ruptura aumentando la elasticidad del plástico. Esta propiedad se busca para obtener un producto final de mejor calidad.

La mezcla contiene de 5% a 35% en peso de agua. Si la cantidad de agua está por debajo del 5% en peso, la desestructuración y la homogeneización de la mezcla es inadecuada. Si el contenido de agua es superior al 35% en peso, existe el riesgo de que la viscosidad de la mezcla sea demasiado baja. La proporción de agua particularmente útil es entre 10% a 25%. Dentro de estos intervalos, la plastificación de la mezcla es ideal, es decir, la desestructuración de los biopolímeros y la homogeneización y termoplastificación de la mezcla tienen lugar.

El siguiente componente de la mezcla es lignina. Esta es una sustancia aromática de alto peso molecular, de origen natural, que en plantas leñosas llena los espacios entre las membranas celulares. Cumple la función de proveer mayor resistencia mecánica al biopolímero resultante. Debido a su naturaleza química, la lignina proporciona tanto a la mezcla termoplástica como también a los artículos moldeados, un agradable olor aromático.

El último componente de la mezcla debe ser una sustancia inerte, preferentemente orgánica, que posea una baja presión de vapor y que interaccione físicamente con los demás constituyentes de la mezcla formando un sistema homogéneo sin que suceda una reacción química. Se lo denomina agente plastificante. Preferiblemente, disminuye el punto de congelación de la mezcla, aumenta su deformabilidad, mejora sus propiedades elásticas y, si se desea, aumenta su adherencia.

Los plastificantes preferidos son inodoros, incoloros, resistentes a la luz, no más que ligeramente higroscópicos, resistentes al agua, no peligrosos para la salud, tan no volátil como sea posible, miscible con polímeros y con un buen comportamiento gelificante. Se eligió la glicerina como agente plastificante. Se aprovechará la glicerina residual de la producción de biodiesel.

La fabricación del polímero biodegradable consiste entonces, en el mezclado de los siguientes componentes:

- Agua (30%)
- Almidón de maíz químicamente modificado (40%)
- Lignina obtenida a partir de cáscara de arroz (10%)
- Glicerina residual de la producción de biodiesel (20%)

Para entender mejor los procesos involucrados en la producción del polímero, a continuación, se muestra un diagrama de bloques general:

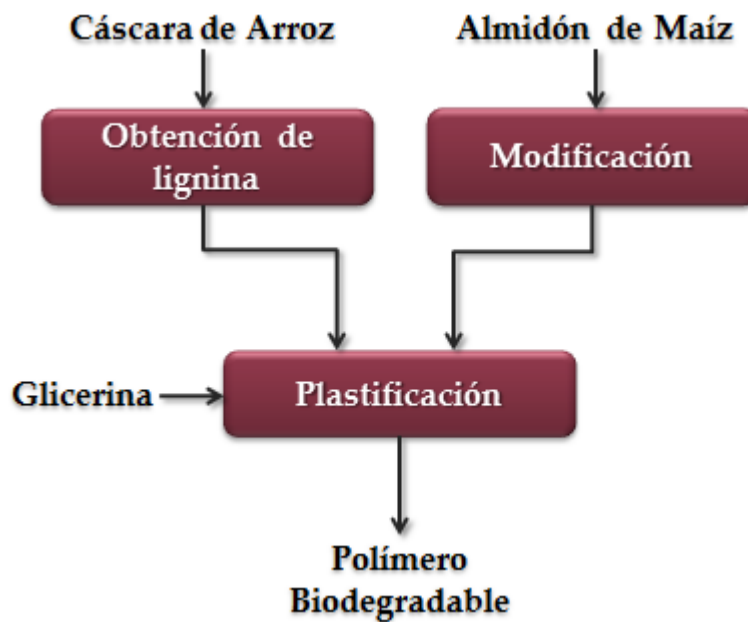


Figura N° 1: Diagrama general de producción de polímero biodegradable.

3. Obtención de lignina

La lignina presente en la cáscara de arroz es de dos tipos:

- Lignina soluble en ácido (1,8%)
- Lignina insoluble en ácido (17,2%)

El objetivo de este proceso es solubilizar, mediante el uso de solventes orgánicos (proceso Organosolv), y posteriormente, precipitar la lignina insoluble en ácido.

3.1. Molienda

Inicialmente se realiza una molienda de la cáscara de arroz para favorecer el contacto en el reactor. El diámetro de partícula inicial de la cáscara es de aproximadamente 5 mm. Se llevará a un tamaño de partícula de 0,1 mm aproximadamente, es decir que se utilizará un tamiz de número de malla 150 para clasificar la salida del molino. El material que no alcance el tamaño definido quedará retenido y será devuelto a la cámara de molienda. Se elige para ello un molino pulverizador, ya que la cáscara de arroz es un material fibroso y de tamaño pequeño. Se utilizan para producir polvos, pastas y granulados. El caudal a moler será de 1.168 kg/h de cáscara de arroz.

Estos equipos trabajan mediante un sistema de turbina de alto impacto accionado eléctricamente que logra reducir las partículas eficazmente del tamaño que sean deseadas. Reduce el tamaño mediante cizallamiento, corte y golpe. Tienen capacidades de hasta 4.000 kg/h y velocidades hasta 6000 rpm.

Luego la cáscara de arroz se dirige al reactor de pre-tratamiento, donde se mezcla con otra corriente que contiene ácido sulfúrico y agua.

La corriente de ácido sulfúrico y el agua se obtiene de mezclar previamente ambos componentes en un mezclador en línea, para luego pasar al reactor. Para controlar la correcta dosificación de ambos reactivos, se usarán caudalímetros másicos en cada línea previa entrada al mezclador. Estos caudalímetros estarán asociados a válvulas de control para los dos productos y un control de relación, en el cual estará seteada la proporción de agua y ácido sulfúrico. Al definir el valor deseado de agua que debe ingresar, el control de relación transformará ese valor a la cantidad de ácido sulfúrico correspondiente y enviará una señal proporcional a la válvula de control de la línea de entrada de ácido. Para ambas líneas se podrán utilizar válvulas globo con actuador neumático.

3.2. Pre-tratamiento ácido

Se realiza esta operación para eliminar la hemicelulosa de la cáscara de arroz y permitir un mayor acceso a la lignina. La combinación de una hidrólisis con ácido diluido con un proceso Organosolv permite la separación de hemicelulosa y lignina en dos pasos de fraccionamiento consecutivos. Se demuestra en estudios que la

extracción de lignina no es eficiente cuando se usa cáscara de arroz no tratada. El tratamiento ácido puede aumentar la accesibilidad permitiendo una deslignificación más eficiente.

La operación se llevará a cabo en un reactor heterogéneo agitado encamisado. Para que sea efectiva la remoción de hemicelulosa se pone en contacto la cáscara de arroz con ácido sulfúrico diluido a alta temperatura. Para ello, se aumenta la temperatura hasta 100°C a presión atmosférica. Los vapores generados serán colectados por la parte superior y enviados a un lavador de gases.

Respecto a la agitación de la mezcla, los objetivos de la misma son la suspensión de la cáscara pulverizada en el líquido y una buena transmisión de calor para generar la reacción, por lo tanto, no se requieren grandes velocidades de agitación.

En esta etapa se solubiliza el total de la hemicelulosa y un 86% de los extractos (grasas, alcaloides, resinas) y de otros componentes (ceras, gomas) que representan un 16% de la cáscara de arroz original.

La corriente de salida será transportada mediante una bomba de tornillo helicoidal que permite el transporte de líquidos con sólidos en suspensión.

El reactor contará con control de presión, temperatura y nivel para asegurar el mantenimiento de las condiciones de operación.

3.3. Centrifugación

En esta etapa debe separarse y recuperarse un porcentaje de sólidos de aproximadamente 20%. Los sólidos serán la cáscara de arroz libre de hemicelulosa y otros componentes.

Para ello, se empleará una centrífuga de discos. La alimentación se introduce cerca del eje, se acelera típicamente mediante un conjunto de paletas radiales, y fluye a través de una pila de discos cónicos espaciados. Generalmente se utilizan de 50 a 150 discos separados entre 0,4 y 3 mm para reducir la distancia para la separación sólido-líquido. El ángulo formado por los discos cónicos con la horizontal es típicamente entre 40° y 55° para facilitar el transporte de los sólidos. Bajo la fuerza centrífuga, los sólidos se asientan contra la parte inferior del disco y se mueven hacia el extremo externo del disco y posteriormente a la pared del tambor. Al mismo tiempo, la fase líquida clarificada sube por el canal cónico. Cada disco lleva varios orificios espaciados uniformemente alrededor de la circunferencia. Los orificios proporcionan un pasaje ascendente continuo para el líquido clarificado. El líquido se acumula en la parte superior de la pila de discos y se descarga a través de rebosaderos. Para recuperar la energía cinética y evitar la formación de espuma debido a la descarga de un chorro de alta velocidad contra una carcasa estacionaria, el líquido se desvía a un impulsor estacionario desde el cual la energía cinética de la corriente se convierte en presión hidrostática. La descarga del efluente se puede hacer por una prensa anular o a través de una bomba centrífuga. Los sólidos sedimentados en la pared del tazón se descargan en diferentes formas, dependiendo del tipo de centrifugas de discos. Se elige hacer la descarga continua mediante boquillas o válvulas.

Los sólidos serán transportados y alimentados al reactor mediante una bomba lobular dado que permite obtener altas presiones de descarga y debe superarse la presión de operación del reactor de 13 bar. Son adecuadas para transportar suspensiones con alto contenido de sólidos como ser lodos y pastas. El efluente líquido generado en esta centrífuga será enviado al tanque equalizador de efluentes.

3.4. Deslignificación

El objetivo de esta operación es la solubilización de lignina de la cáscara de arroz pre-tratada. Para ello, se utiliza una solución de etanol al 50% v/v y NaOH en una concentración 8 g/l de solución. Se debe calentar la mezcla hasta la temperatura de reacción de 160°C. Se realizará la operación a una presión de 13 bar para lograr alcanzar la temperatura y evitar la ebullición de la mezcla. El tiempo de reacción es de 1 hora.

El solvente orgánico altera los enlaces de la lignina para que sea hidrolizada y luego disuelta, pudiendo recuperarla en la fase orgánica. El etanol facilita la remoción de la lignina hidrolizada dada su afinidad química. En estas condiciones, la lignina se descompone mediante la escisión hidrolítica de los enlaces éter tipo β -O-4 en fragmentos que son solubles en el sistema disolvente. La remoción de lignina es de un 90% sobre la lignina presente en la cáscara.

Para realizar esta operación se utilizará un reactor continuo agitado con serpentín exterior. La proporción de sólidos en el reactor será de 25%. Respecto a la agitación de la mezcla, los objetivos de la misma son la suspensión del sólido en el líquido y la generación de buen contacto entre las fases para generar la reacción y una buena transferencia de calor. Se utilizará agitador de flujo axial para mantener la fase sólida suspendida en el líquido, del tipo turbina de seis palas inclinadas.

Finalizada la reacción, los sólidos en el reactor estarán formados principalmente por celulosa y compuestos inorgánicos. Un 10% de la lignina original quedará atrapada o condensada en estos sólidos, lo que representa una pérdida de materia.

A la salida del reactor, la suspensión será alimentada a la siguiente etapa por medio de una bomba de lóbulos ya que permite mantener la presión elevada y evitar la evaporación del líquido en la cañería. A su vez, es apta para suspensiones con partículas sólidas. La función de la bomba será vencer la pérdida de carga entre los tanques.

El reactor contará con control de presión, temperatura y nivel para asegurar el mantenimiento de las condiciones de operación.

Además, las líneas que conducen en NaOH al reactor deberán tener tracing eléctrico para evitar que solidifique en caso de bajas temperaturas.

3.5. Enfriamiento

Dado que se requiere separar las partículas de cáscara deslignificada del licor obtenido y el mismo se evaporaría si desciende la presión a la elevada temperatura que se encuentra debido a su volatilidad, se transportará el licor obtenido en el reactor a un tanque presurizado con nitrógeno a 13 bar para evitar el flasheado. En ese reactor, el licor disminuirá su temperatura por medio de un sistema de enfriamiento del tipo camisa media caña hasta una temperatura de salida de 60°C. El régimen de operación del tanque será continuo y la alimentación a la siguiente etapa podrá regularse con una válvula de control. Se instalará una bomba de lóbulos para compensar la pérdida de carga entre el reactor de deslignificación y el tanque de enfriamiento y promover el desplazamiento del fluido que tiene presencia de sólidos. La misma tendrá un recubrimiento epoxidado para operar en el medio alcalino.

El tanque contará con control de presión, temperatura y nivel para asegurar el mantenimiento de las condiciones de operación, así como un sistema de venteo de gases.

Para el arranque de planta, en condiciones en las que el tanque inicialmente no contiene fluido de proceso, el mismo deberá estar presurizado con nitrógeno. Una vez que comience a ingresar el licor, se abrirá el sistema de venteo para ir desalojando el nitrógeno hasta lograr el nivel deseado en el tanque y manteniendo una presión constante de 13 bar. Una vez alcanzado este punto, el proceso operará en régimen estacionario.

3.6. Centrifugación

Debe separarse la corriente líquida del sólido compuesto principalmente por celulosa y en menor cantidad, compuestos inorgánicos. El porcentaje de sólidos es de 20% aproximadamente.

La composición de la corriente líquida es etanol, solución de NaOH, lignina solubilizada y otros componentes minoritarios de la cáscara de arroz. La corriente de interés es el líquido por lo que se desea clarificarlo. Debido a la presencia de etanol, la centrífuga deberá poseer purga con gas inerte, en general nitrógeno, que se utiliza siempre que sea necesario evitar la emisión de vapores a la atmósfera o la entrada de aire al interior del sistema. Cuando se procesan productos cuyos vapores junto con el oxígeno del aire forman una mezcla inflamable, se debe eliminar cualquier riesgo de explosión mediante este sistema. La centrífuga y sus componentes deberán ser de versión estanca a gases. Los gases inertes se suministran en varios lugares de la separadora para asegurar un óptimo enjuague y la inertización del sistema entero.

La descarga de sólidos podrá ser intermitente o continua a través de válvulas o boquillas. Serán transportados por una cinta transportadora hacia un tanque de almacenamiento. Dado que el sólido generado se compone principalmente de celulosa (70%) y compuestos inorgánicos (20%), se puede lavar el mismo para obtener un sólido con 90% celulosa y 10% ceras, gomas y otros componentes orgánicos que pueda ser ofrecido a industrias papeleras. La corriente líquida será transportada por una bomba centrífuga hacia un sistema de evaporadores donde se recuperará el etanol.

3.7. Evaporación de etanol

Para hacer efectiva la precipitación de la lignina insoluble en ácido debe eliminarse el etanol de la mezcla, ya que la insolubilidad es en agua. Se llevará a cabo la evaporación en dos evaporadores de película descendente en serie y se condensarán los vapores generados para luego recuperar el etanol, que será recirculado al reactor de deslignificación. La mezcla fluirá por los tubos y el fluido calefactor por coraza, que será vapor de agua. Debe calentarse la mezcla hasta una temperatura de 78°C.

La corriente líquida de salida estará constituida por agua, lignina y otros componentes minoritarios, así como un porcentaje mínimo de etanol no recuperado.

Dado que la recuperación de etanol no es total, se contará con un tanque de reposición del reactivo para mantener las proporciones estequiométricas necesarias para el proceso.

3.8. Condensación de etanol

Se empleará un condensador - subenfriador vertical de tubos, ya que el etanol es una sustancia volátil. La condensación será por carcasa y el refrigerante circulará por los tubos que serán soportados por bafles de corte máximo (45 % del diámetro de carcasa) y máxima separación para reducir la caída de presión. Se utilizará agua como fluido refrigerante. Se requiere buena distribución del refrigerante en los tubos y además un sumidero y bomba para retornar el refrigerante a la torre de enfriamiento. Posee la ventaja de un alto coeficiente de transferencia del lado del refrigerante y una fácil limpieza. Para el subenfriamiento, debe mantenerse una acumulación de líquido en el fondo de la carcasa, lo que se logrará mediante un controlador de nivel de líquido asociado a una válvula de control. La misma controlará la descarga de la bomba que recircula el etanol desde el condensador hacia el reactor de deslignificación.

3.9. Precipitación de lignina

La corriente líquida que contiene lignina en solución a pH alcalino debe neutralizarse y acidificarse hasta pH 3 para lograr la precipitación de la lignina insoluble en ácido. Se empleará solución de H₂SO₄ 50% p/p. Con esto, se elimina el NaOH presente obteniendo agua y Na₂SO₄. Se considera que la operación tiene un rendimiento del 95%.

Se utilizará un mezclador dinámico en línea de acero inoxidable conectado a la cañería de salida de la corriente líquida del segundo evaporador. Cuenta con una serie de láminas estacionarias que dan como resultado la mezcla sistemática y radial del flujo de los medios que circulan a través de la tubería. El elemento mezclador puede ser de diversas formas, no posee partes móviles por lo que no requieren mantenimiento. Con este equipo, se evita la instalación de un tanque y una bomba para realizar la operación.

Para controlar la correcta dosificación de ácido sulfúrico, se utilizará el mismo esquema de control propuesto para el mezclador estático de polvo de cáscara de arroz y ácido al inicio del proceso.

3.10. Centrifugación

Debe separarse la lignina precipitada de la corriente líquida formada principalmente por solución de H_2SO_4 y Na_2SO_4 . El contenido de sólidos es de 10% aproximadamente. Las centrifugas de discos se utilizan para contenidos de sólidos de aproximadamente 5% a 20%, por lo que es aplicable para la separación requerida. A la salida se obtendrá lignina sólida con un contenido de humedad de 30%. La lignina obtenida será transportada a la extrusora para continuar con la etapa de plastificación.

Por otro lado, la corriente líquida obtenida de la centrifuga será transportada hacia el tanque de ecualización de efluentes.

3.11. Diagrama de bloques y equipos

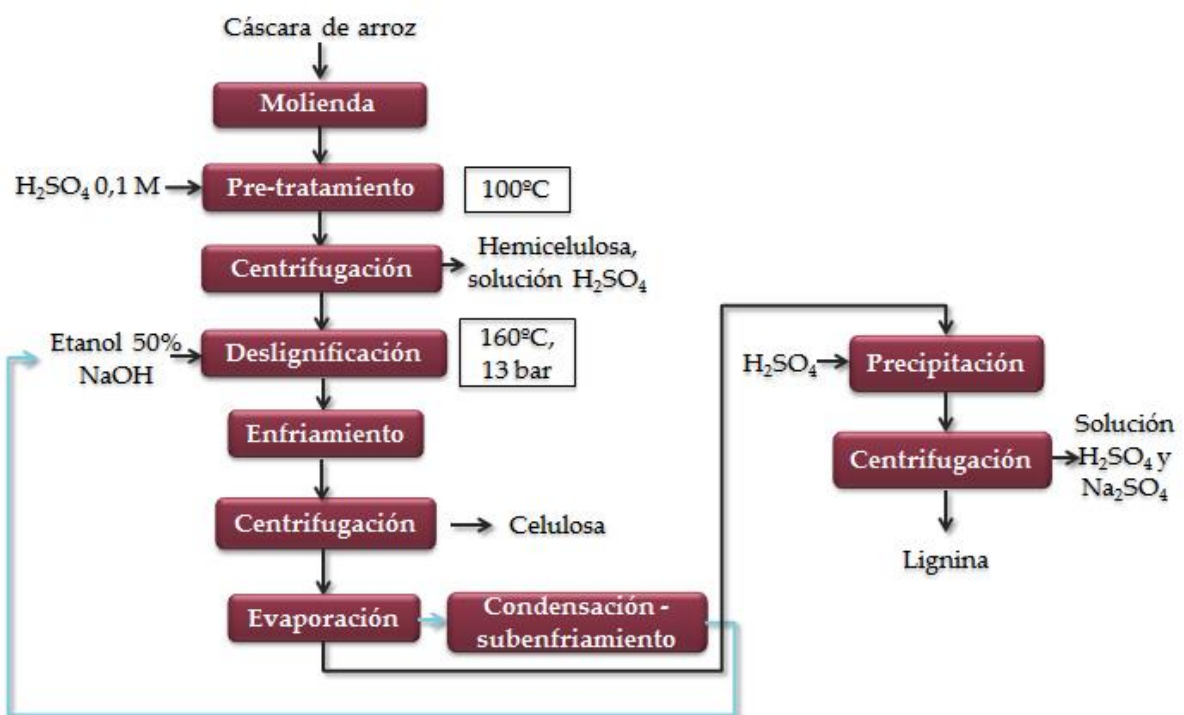


Figura N° 2: Diagrama de bloques del proceso de Obtención de lignina.

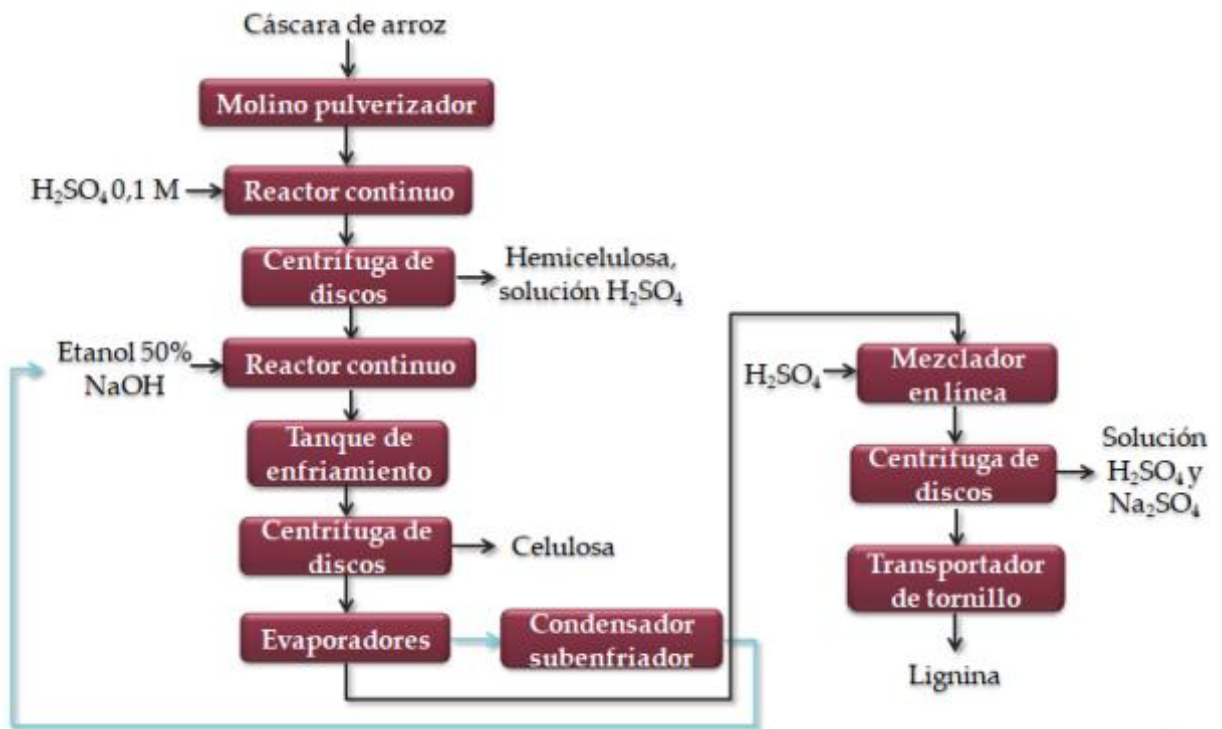


Figura N° 3: Diagrama de equipos del proceso de Obtención de lignina.

4. Modificación de almidón de maíz

4.1. Reacción de entrecruzamiento

Se llevará a cabo la mezcla de los reactivos incorporando agua y sulfato de sodio (Na₂SO₄) en proporción 1:0,05 en peso, tripolifosfato de sodio o STPP (Na₅P₃O₁₀) en igual cantidad que el sulfato de sodio, y luego almidón de maíz en igual cantidad que la masa de agua inicial. La proporción de sólidos será aproximadamente de 48%. El pH debe llevarse a 10-11 agregando solución de NaOH. Esto se debe a que el uso de niveles de pH inferiores a aproximadamente 4 promueve la hidrólisis del almidón y el uso de niveles de pH superiores a 11 hace posible la degradación alcalina del almidón, la hidrólisis del polifosfato y otras reacciones secundarias, lo que da como resultado una pobre eficacia de fosforilación.

Roberts (1965) propuso que la fosforilación del almidón con STPP en un estado semi-seco podría ocurrir por el mismo mecanismo que la hidrólisis de STPP en una solución acuosa, excepto que el grupo hidroxilo del almidón reemplaza a la molécula de agua. A pH menor a 4 la hidrólisis del STPP catalizada por ácido procede a través de una reacción de primer orden y es fuertemente catalizada por ácido en un medio acuoso (Bell 1947, Osterheld 1972). La alta temperatura también acelera la hidrólisis. A pH mayor a 10 todos los sitios ácidos en el STPP están cargados negativamente y forman un escudo denso, presumiblemente obstaculizando el ataque de STPP por nucleófilos. La elevada repulsión de los hidroxilos electronegativos sobre el almidón por el tripolifosfato da como resultado un grado relativamente bajo de fosforilación a pH alcalino. En condiciones de alta temperatura, los hidroxilos de almidón se ionizan ligeramente con álcalis y pueden atacar el fosfato central que porta un solo hidroxilo ionizado, en lugar de los fosfatos terminales que están completamente ionizados. A través de esta reacción bimolecular, se forma un pirofosfato de almidón con liberación de fosfato disódico. El pirofosfato de almidón puede ser atacado por un segundo grupo hidroxilo de almidón para dar fosfato de “dialmidón” (almidón entrecruzado). A continuación, se muestra de forma esquemática la reacción de entrecruzamiento donde el almidón se representa por las letras St (starch).

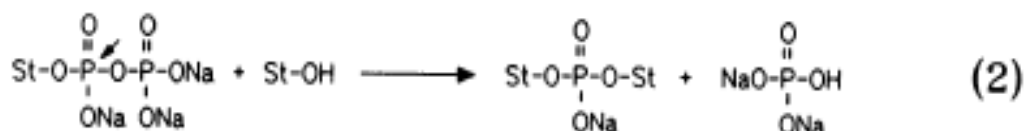
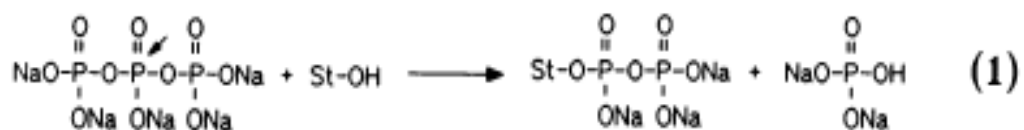


Figura N° 4: Reacción de entrecruzamiento de almidón con STPP.

La operación se realizará en un reactor agitado continuo a temperatura ambiente. Se empleará un agitador de flujo axial y deflectores para promover la suspensión del almidón en el líquido. La velocidad de agitación será de 150 rpm, ya que no se requiere propiciar la transferencia de calor.

Para conducir el fluido a la siguiente etapa, se utilizará una bomba lobular rotativa especialmente diseñada para transporte de suspensiones de almidón.

4.2. Centrifugación

Luego de la reacción se procede al secado y al tratamiento térmico. Dado que, por cuestiones de cambio de escala no es conveniente continuar directamente con el secado debido a la gran cantidad de agua presente en el proceso, se lleva a cabo una etapa intermedia de centrifugación para eliminar el exceso de agua y así poder continuar con el proceso. Por el elevado porcentaje de sólidos en la corriente a tratar, se empleará una centrífuga de transportador helicoidal o decantadora.

En este equipo el producto es conducido hasta la zona de alimentación del tornillo a través del tubo de alimentación central. Desde allí es acelerado suavemente hasta llegar al tambor a través de los orificios de distribución.

El tambor de la centrífuga tiene una forma cilíndrica-cónica y gira a una determinada velocidad. El producto alcanza la máxima velocidad circunferencial en el tambor, formando un anillo cilíndrico en el revestimiento del tambor. Los sólidos contenidos en el producto se depositan en la pared interior del tambor por efecto de la fuerza centrífuga. El tornillo gira a una velocidad diferencial baja relativa a la del tambor y transporta los sólidos depositados hacia el extremo cónico y estrecho del tambor. La velocidad diferencial determina el tiempo de permanencia de los sólidos en el tambor. Este tiempo de permanencia puede ajustarse óptimamente al proceso de separación correspondiente modificando la velocidad diferencial del tornillo. Los sólidos son expulsados a través de los orificios de salida del extremo cónico del tambor hasta el colector de sólidos y desde allí descargados hacia abajo. El líquido clarificado fluye hasta el extremo cilíndrico del tambor y allí se descarga a través de los orificios de la carcasa del tambor. En estos orificios se encuentran anillos de regulación que permiten ajustar con la máxima exactitud la profundidad de la laguna en el tambor. El líquido clarificado que posee fosfatos, sulfatos, almidón disuelto, iones de Na^+ y pH alcalino será bombeado hacia el tanque de eculización de efluentes.

El almidón modificado húmedo será descargado a una cinta transportadora para ser llevado hasta la etapa de secado.

4.3. Tratamiento térmico

Luego de la separación de humedad en la centrífuga, se efectúa un tratamiento térmico a mayores temperaturas estando éstas entre 100°C y 160°C, para hacer efectiva la reacción y mejorar los niveles de fosforilación. Temperaturas inferiores a 100°C no producirán ninguna fosforilación y temperaturas sustancialmente superiores a 160°C son difíciles de controlar y los productos pueden decolorarse y degradarse. El intervalo preferido es de 120°C a 140°C, así que elegiremos realizar el tratamiento a 130°C.

Según las fuentes consultadas, se especifica que esta operación puede realizarse en un secador spray o en un secador de tambor. Esto permite efectuar gelatinización, el secado y la fosforilación en un solo tratamiento continuo. Se conoce como gelatinización al proceso donde los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría debido a que su estructura es altamente organizada, se calientan (60-70°C) y empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas amorfas que son menos organizadas y las más accesibles. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el granulo empieza a hincharse y aumentar de volumen. La principal desventaja de un secador spray es su costo y que resulta difícil la aspersion de fluidos viscosos. Se recomienda este equipo para productos que tienen ciertas particularidades que no permiten el empleo de otro tipo de secado. En este caso, la suspensión de almidón modificado no posee características que requieran el uso de un secador spray, por lo que no se justifica el uso de este equipo. Se elige entonces el secador de doble tambor que al igual que el secador spray permite una operación continua.

En el equipo seleccionado, la corriente a secar es alimentada entre los tambores giratorios a través de un recinto de alimentación. Los tambores son calentados internamente con vapor para aumentar la temperatura de su superficie, y a medida que la pasta es alimentada sobre los mismos, se adhiere y se seca mientras que el agua se evapora rápidamente. Para obtener las especificaciones deseadas, se puede variar la velocidad de rotación del tambor, la presión de vapor y el espacio entre los tambores. El material seco se despega de los tambores mediante un sistema de cuchillas. Los materiales que se secan en rollo darán como resultado una partícula escamosa con densidades volumétricas variables. El tamaño de partícula resultante será mucho más grande que una partícula secada por pulverización. A continuación, el material puede pasar por un molino y un tamiz para reducir el tamaño de partícula a uno uniforme. El producto que se obtiene de esta operación debe tener un contenido de humedad del 10%.

4.4. Molienda

Para finalizar el proceso de modificación de almidón y dejar el producto en condiciones para la siguiente etapa, se realizará una molienda del almidón secado y tratado térmicamente. El objetivo de la misma no es lograr un tamaño de partícula específico, sino generar una desintegración mecánica para eliminar el apelmazamiento que se produce en el secado (esta característica fue particularmente observada en la etapa de laboratorio). Para dicho fin, la operación será realizada en un molino de rodillos.

4.5. Mezclado en línea y transporte

Luego de la molienda, el almidón modificado se combinará con agua en un mezclador en línea de tipo dinámico a modo de prepararlo para el proceso de extrusión. Luego la mezcla será transportada por medio de un tornillo sin eje a la zona de extrusión.

4.6. Diagrama de bloques y equipos

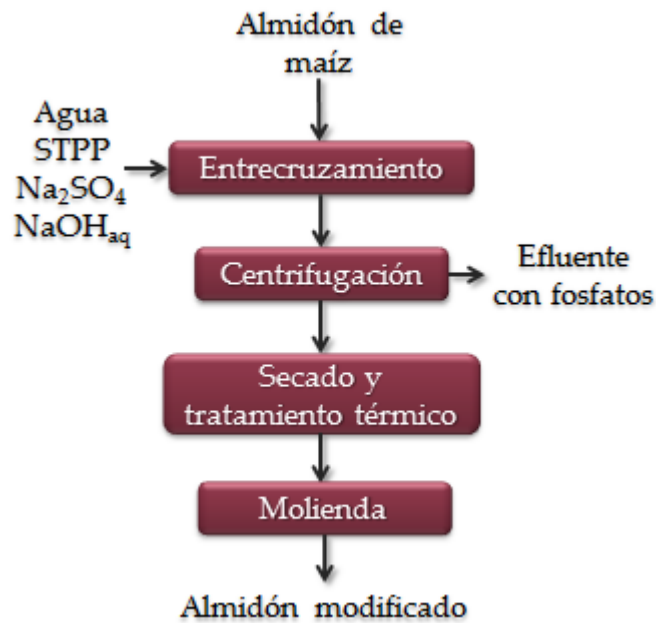


Figura N° 5: Diagrama de bloques del proceso de Modificación del Almidón.

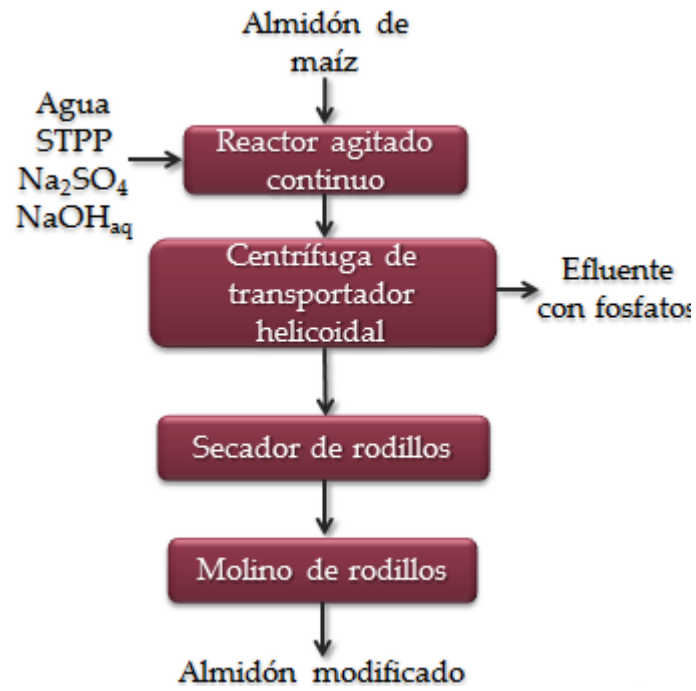


Figura N° 6: Diagrama de equipos del proceso de Modificación del Almidón.

5. Formación de polímero biodegradable

5.1. Extrusión

El proceso de formación del plástico se llevará a cabo en dos extrusoras de doble tornillo a una temperatura de 130°C, en forma paralela, de modo que el flujo se dividirá en dos corrientes para la extrusión y en la siguiente etapa se volverá a juntar.

Inicialmente se alimentará el almidón de maíz modificado previamente mezclado con agua por la tolva de la extrusora. A alta temperatura el almidón es soluble en agua por lo que se produce la incorporación de agua en el gránulo. A medida que el calentamiento continúa, los gránulos de almidón captan más agua irreversiblemente y se hinchan. Algunas cadenas cortas de amilosa salen de los gránulos y comienzan a formar una red entre la amilosa y la amilopectina. El agua añadida tiene dos funciones: por un lado, es un agente que altera la estructura del grano rompiendo los enlaces de cadena de hidrogeno y por otro lado es un plastificante. Paralelamente se agregan la lignina y la glicerina.

El agregado de glicerina es lo que permite darle plasticidad. Debido a la fuerza de cizalla y a la temperatura el material se funde. Si la energía mecánica y térmica es insuficiente, el producto mostrará gránulos de almidón no fundidos. El uso de insuficiente cantidad de plastificante da como resultado una destrucción incompleta de la estructura del almidón.

Como se mencionó, el equipo para realizar el proceso de incorporación de componentes es una extrusora de doble husillo o tornillo. La misma consta de:

- Tolva de alimentación
- Dos tornillos o husillos
- Cilindro o cuerpo
- Dado de descarga

A la salida posee un filtro que consiste en un disco con perforaciones, incluido en la placa rompedora, cuyas funciones son aumentar la presión, transformar el flujo de rotación del polímero en flujo lineal y retener material no plastificado. El dado de descarga dará la forma de hilos al polímero.

5.2. Pelletizado

Luego de la extrusión, ambas corrientes de salida se juntarán y se dirigirán a la misma unidad pelletizadora. El pelletizado consiste en el hilado, enfriamiento, secado y corte. El hilado es un proceso de manufactura para elaborar fibras de polímeros. Es una forma especializada de extrusión que utiliza una hiladora para formar múltiples filamentos continuos. El hilado de fibra es el método utilizado para elaborar fibras sintéticas. Existen 3 tipos principales de hilado de fibra: por fundido, por solución y por reacción. El polímero fundido es extruido a través de un dado o boquilla con pequeños orificios en una hiladora para formar filamentos delgados (01). El hilado por fundido es la forma de hilado de fibra más común. En este proceso, se utiliza polímero ya fundido o fundiendo el polímero en forma de gránulos.

Cuando el material fundido sale de la extrusora debe enfriarse inmediatamente para que conserve la forma y adquiera la rigidez necesaria. Para ello, se necesita un sistema de enfriamiento que debe ser lo más uniforme posible a lo largo de la sección de la pieza. El enfriamiento se llevará a cabo en la primera parte del sistema de pelletización, que consta de una sección inundada que guía a las hebras y las enfría por medio de agua (02). El agua se recolecta al final de la sección de guía del hilo y las hebras se depositan en la cinta transportadora para continuar a la granuladora (03).

Los hilos deben ser secados previo al cortado, por lo tanto atraviesan una zona de succión donde se extrae el agua y se acomodan en la cinta transportadora (04). Luego, las herramientas de alimentación de la granuladora atrapan las hebras de polímero y las dirigen a la sección de corte donde las hebras son cortadas en pellets (05). Finalmente, los pellets se clasifican, se enfrían y se transportan en procesos posteriores, que en este caso correspondería al empaquetamiento para su comercialización (06).

El agua de refrigeración se filtra y se atempera en la unidad de agua de proceso, y luego se devuelve a la sección de guía de hilo (07).

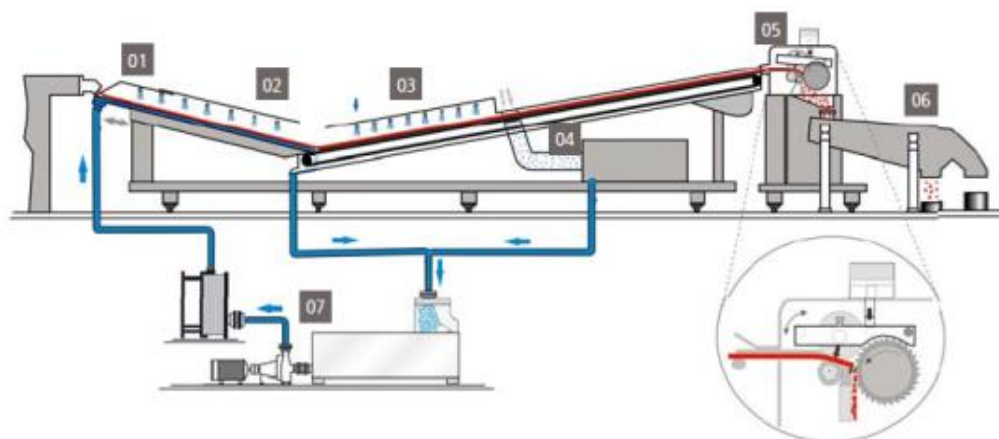


Figura N° 7: Esquema de la unidad de pelletizado.

5.3. Empaquetado

Como se mencionó en el apartado anterior, el proceso de producción del biopolímero se concluye con el empaquetado de los pellets para su comercialización. Para ello se utilizará una máquina empacadora que permite envasar el producto en bolsas de distintos tamaños, que van desde los 5 kg a los 50 kg. En el equipo, el saco o bolsa pasa de la zona de llenado a la de cierre posterior con un movimiento "por pasos" sobre cintas transportadoras mientras es sujetado firmemente por la parte superior por un par de brazos de desplazamiento que lo guían. De esta forma se pueden elaborar cómodamente incluso los productos más inestables y fluidificados con la máxima seguridad.

5.4. Diagrama de bloques y equipos



Figura N° 8: Diagrama de bloques del proceso de Formación del Polímero Biodegradable.

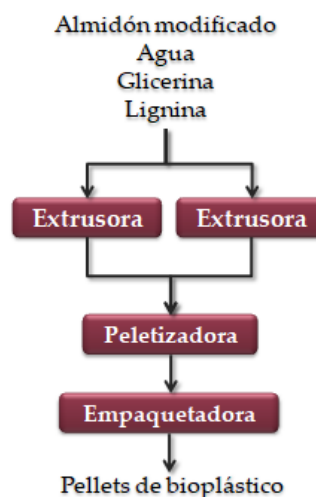


Figura N° 9: Diagrama de equipos del proceso de Formación del Polímero Biodegradable.

6. Tratamiento de efluentes

Como bien se indicó en los apartados anteriores, los efluentes de cada proceso se juntarán y se enviarán a un mismo tanque ecualizador. El líquido descartado será entonces una solución compuesta por sulfatos, hemicelulosa, extractos (grasas, alcaloides, resinas), lignina soluble en ácido, etanol, almidón y otros componentes orgánicos minoritarios que requerirá un tratamiento adecuado de la materia orgánica. También habrá fosfatos presentes, pero en una concentración muy baja, menor a la que pide la norma para el vuelco por lo tanto su remoción no será un factor limitante para el proceso.

Dado que los efluentes que se obtienen en todo el proceso tienen valores de pH ácidos y básicos, el tratamiento consistirá primero en neutralizar el pH entre las mismas corrientes en el tanque ecualizador y ajustarlo para su envío a la siguiente etapa de tratamiento.

Además, el tanque ecualizador funcionará como un tanque sedimentador para eliminar la mayor cantidad posible de sólidos. Dado que estos sólidos son principalmente materia orgánica, la eliminación de los mismos por sedimentación nos permitirá disminuir el valor de demanda química de oxígeno del efluente.

Una vez ecualizados los efluentes, los mismos se enviarán a un módulo de tratamiento de efluentes que estará instalado en la planta y que contará con sistemas de filtración, floculación, sedimentación y tratamiento biológico. El mismo se solicita a una empresa encargada de diseñar sistemas de tratamiento de efluentes y estará especialmente adecuado para nuestro proceso. El módulo se describe detalladamente en el Capítulo VII: Diseño de Equipos.

El objetivo del módulo de tratamiento de efluentes será el de disminuir la concentración de contaminantes hasta alcanzar los parámetros de vuelco, que fijarán los criterios para el diseño del módulo. Sin embargo, el agua tratada no se volcará a un cuerpo de agua, sino que se recirculará al proceso. Esto se fundamenta en dos principios. Por un lado, dado que nuestro proceso no requiere estándares altos de pureza, es posible utilizar el agua que proviene del tratamiento de efluentes ya que la presencia de otros compuestos que puedan quedar luego del tratamiento no altera al proceso de producción. Por otro lado, se requieren grandes cantidades de agua en el proceso. Por lo tanto, es conveniente recircular parte del agua tratada ya que de esa manera se reduce considerablemente el agua que debe tomarse de fuentes superficiales.

Finalmente, asociado al tratamiento del agua tenemos la producción de una serie de lodos o fangos de naturaleza predominantemente orgánica que deben ser tratados adecuadamente. Los mismos serán llevados a una planta de tratamiento de lodos y disposición final.

6.1. Diagrama de bloques y equipos

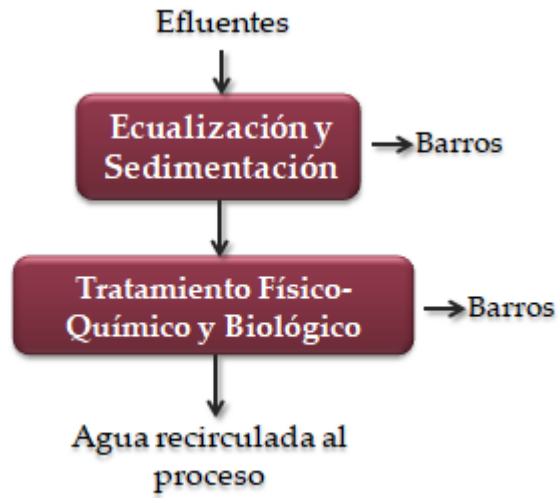


Figura N° 10: Diagrama de bloques del proceso de Tratamiento de Efluentes.

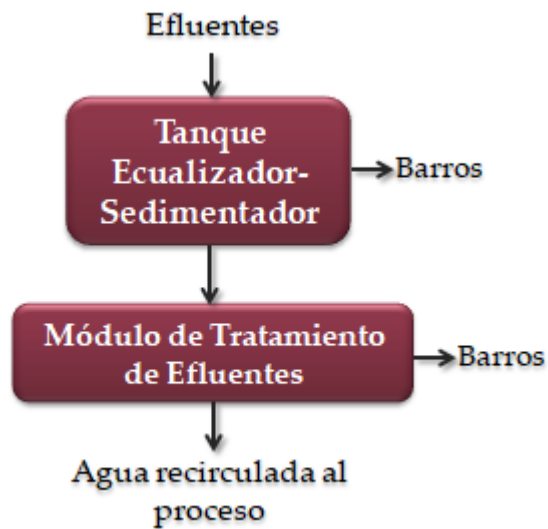


Figura N° 11: Diagrama de equipos del proceso de Tratamiento de Efluentes.

7. Lavador de gases

Todos los gases y vapores producidos en el proceso, que serán casi en su totalidad provenientes de los reactores a presión del proceso de obtención de lignina, serán recolectados y dirigidos a un lavador de gases con control de pH.

Debido a que los vapores del proceso de obtención de lignina pueden arrastrar ácido sulfúrico, el lavador tendrá además del control de pH, la posibilidad de agregar NaOH para su neutralización. Sin embargo, dado que el arrastre de ácido en el vapor es muy bajo debido a la alta temperatura de descomposición del ácido sulfúrico (340°C) y que nuestra temperatura operativa será de 100°C en el reactor con H₂SO₄, se espera que el agua de lavado de los gases tenga pH neutro.

8. Bibliografía

- VEYCO – Molinos y Mezcladoras (Sin fecha) Procesos Industriales en Granulometría y Mezcla, S.A. de C.V. Recuperado de <http://molinosmezcladoras.com/>
- PULVEX (Sin fecha). Molino pulverizador. Recuperado de <http://maquinariapulvex.com/molino-pulverizador.html>
- Acondicionamientos – Soluciones en Tratamientos de Agua (Sin fecha). Tratamiento de Efluentes. Recuperado de <https://www.acondicionamientos.com.ar/tratamiento-de-efluentes/>
- Recopilador: Ing. Groppelli, E. (Sin fecha). Tratamiento de Efluentes Líquidos. Recuperado de http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos_pdf/TratamientodeEfluentesLiquidos.pdf
- Flottweg Separation Technology. (Sin fecha) Funcionamiento de las centrifugas. Recuperado de <https://www.flottweg.com/es/la-gama-de-productos/centrifugas/funcionamiento-de-las-centrifugas/>
- Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Química. (2013). Seminario Gelatinización y retrogradación. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf
- Tecnología de la Energía Térmica, UTN FRA. (2016). Transferencia de energía térmica con cambio de fase – Unidad 3.
- TEFSA Técnicas de Filtración SA. (Sin fecha). Filtros de Vacío. Recuperado de https://www.grupte fsa.com/filtros_de_vacio/08-Filtros%20vaci%CC%81o.pdf
- IKA (Sin fecha). Solids/Liquids Mixing. Recuperado de https://www.ikaprocess.com/en/Solids-Liquids-Mixing_appl-4.html
- PRIMIX. (Sin fecha). Mezcladores Estáticos a Medida. Recuperado de <https://www.primix.com/es/productos/mezcladores-estaticos-a-medida.html>
- AVEKA. (2019). Drum Drying / Roll Drying. Recuperado de <https://www.aveka.com/processing/roll-drying/>
- Todo en Polímeros. (2019) Procesos de Extrusión. Recuperado de <https://todoenpolimeros.com/pr ocesos-de-extrusion/>
- Plastics Technology. (2011). How to Select the Right Pelletizer. Recuperado de <https://www.ptonlin e.com/articles/how-to-select-the-right-pelletizer>
- Tecnología de los plásticos. (2011). Extrusión de Materiales Plásticos Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- EcuRed. (Sin fecha) Ácido Sulfúrico. Recuperado de https://www.ecured.cu/%C3%81cido_sulf%C 3%BArico
- MAAG. (Sin fecha). Automatic Dry Cut strand pelletizing systems – compounding at the highest level. Recuperado de http://evolution-of-maag.com/downloads/pelletizing/drycut/jsg_en_8s_s.pdf

- Gutiérrez, Tomy J., Tapia, María Soledad, Pérez, Elevina y Famá Lucía. (2014). Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. *Food Hydrocolloids*, 45 (2015), 211 – 217.
- Lim, S. y Seib, P. A. (1993). Preparation and Pasting Properties of Wheat and Corn Starch Phosphates. *Cereal Chem*, 70(2), 137-144.
- Bengs, H., Böhm, G., (2002). Biopolymer-based thermoplastic mixture for producing biodegradable shaped bodies. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US6406530>
- Torres Jaramillo, D., Morales Vélez S. P., Quintero Díaz, J. C. (2017) *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4) Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000400733#B18
- Hendriks, A. T. W. M. y Zeeman, G. (2009). Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100(1), 10-18. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408004574>
- Taherzadeh1, M. J., y Karimi1, K. (2009). Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(9), 1621–1651. doi: 10.3390/ijms9091621.
- Kerr, R. W. y Cleveland, F. C., (1959). Orthophosphate Esthers of Starch. US patent 2884413. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/b0/e4/9c/dd91f305b6dc86/US2884413.pdf>
- Shanks, R. y Kong I. (2012). Thermoplastic Starch, en Zaki, A. El-Sonbati, IntechOpen, *Thermoplastic Elastomers*. doi: 10.5772/36295



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo V: Investigación y desarrollo

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Introducción.....	148
1.1. Componente A	148
1.2. Componente B.....	149
1.3. Componente C	149
1.4. Componente D	149
1.5. Componente E.....	150
2. Objetivo	150
3. Obtención de lignina a partir de cáscara de arroz.....	151
3.1. Molienda	151
3.2. Pre-tratamiento ácido	151
3.3. Filtración	153
3.4. Deslignificación.....	154
3.5. Filtración	158
3.6. Evaporación del etanol	159
3.7. Precipitación de lignina	160
3.8. Separación de la lignina precipitada.....	161
4. Modificación de almidón de maíz.....	163
4.1. Reacción de entrecruzamiento	163
4.2. Filtración	166
4.3. Secado y tratamiento térmico	166
4.4. Medición de materia orgánica	167
5. Formación del biopolímero	169
6. Conclusiones	170
7. Bibliografía.....	172

Índice de Figuras

Figura N° 1: Cáscara de arroz.....	151
Figura N° 2: Pre-tratamiento con ácido diluido.	152
Figura N° 3: Filtración al vacío.....	153
Figura N° 4: Cáscara de arroz pre-tratada.....	153
Figura N° 5: Balón con mezcla de CPT, etanol 50% y NaOH.....	155
Figura N° 6: Equipo Soxhlet empleado en el primer ensayo.	155
Figura N° 7: Acumulación de etanol en el cartucho poroso.	156
Figura N° 8: Equipo de extracción empleado en el segundo ensayo.	157
Figura N° 9: Filtración al vacío realizada en el primer ensayo.	158
Figura N° 10: Filtración al vacío realizada en el segundo ensayo.	158
Figura N° 11: Evaporación del etanol en el primer ensayo.	159
Figura N° 12: Evaporación del etanol en el segundo ensayo.	159
Figura N° 13: Acidificación del licor obtenido en el primer ensayo.	160
Figura N° 14: Acidificación del licor obtenido en el segundo ensayo.	160
Figura N° 15: Filtración al vacío en el primer ensayo.	161
Figura N° 16: Lignina obtenida en el primer ensayo.	161
Figura N° 17: Licor antes y después de la Centrifugación en el segundo ensayo.	162
Figura N° 18: Lignina obtenida en el segundo ensayo.	162
Figura N° 19: Tripolifosfato de sodio utilizado en la reacción de entrecruzamiento.	163
Figura N° 20: Mezclado de los reactivos.	164
Figura N° 21: Equipo de agitación y agitador empleado en la reacción de entrecruzamiento.....	164
Figura N° 22: Medición de la viscosidad de la mezcla.....	165
Figura N° 23: Filtración al vacío del almidón modificado.	166
Figura N° 24: Cristalizador con almidón modificado seco.	167
Figura N° 25: Filtrado con restos de almidón y fosfatos.	167
Figura N° 26: Técnica de oxígeno consumido.....	168

Figura N° 27: Mezcla de almidón modificado y agua.....	169
Figura N° 28: Agregado de glicerina y lignina.	169
Figura N° 29: Polímero biodegradable obtenido.	170

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Cantidades de los reactivos utilizados en el primer ensayo.	154
Tabla N° 2: Cantidades de reactivos utilizadas en el segundo ensayo.	157
Tabla N° 3: Cantidades de reactivos empleadas.	163
Tabla N° 4: Resultados obtenidos en los ensayos.	170

1. Introducción

En este capítulo se explicarán los artículos y patentes elegidos para llevar a cabo el proceso productivo, y los procedimientos empleados en laboratorio para comprobar la factibilidad del mismo.

Se utilizó como base teórica fundamental la patente Bengs, H. (2002). US 6.406.530B1 “Biopolymer-based thermoplastic mixture for producing biodegradable shaped bodies”, en la cual se describen las materias primas posibles y el rango de condiciones que se requieren para producir un biopolímero con la propiedad de ser moldeado de manera similar a un plástico convencional. El componente principal es el almidón, que puede ser modificado o nativo y provenir de distintas fuentes. A continuación, se explicarán las materias primas elegidas.

Para realizar la mezcla del material termoplástico se proponen cinco componentes de los cuales cuatro son esenciales:

- Componente A: Un material polimérico que tenga la capacidad de ser procesado, el cual puede ser un polisacárido o una proteína.
- Componente B: Agua
- Componente C: Lignina
- Componente D: Plastificante
- Componente E: Aditivo

Los mismos son plastificados con la introducción de energía térmica y energía mecánica en la mezcla mediante temperatura y fuerzas de corte. A continuación, se explicarán las funciones que cumplen estos componentes en la mezcla y las proporciones a emplear.

1.1. Componente A

Como se indicó, éste es el componente principal de la mezcla que podrá ser un polisacárido o una proteína o una mezcla de dos o más componentes de este tipo, y comprenderá entre 33% a 90% en peso de la mezcla termoplástica. Se explica que preferiblemente será un almidón nativo o un almidón modificado, ya sea por vía química, fermentativa o por biotransformación.

Un grupo importante de almidones comprende los almidones obtenidos de materias primas vegetales, pero no se especifica el origen del almidón. En cuanto a los almidones modificados químicamente, los grupos hidroxilo de los poliglucanos son transformados preferiblemente por eterificación, esterificación u oxidación selectiva. Los ésteres de almidón podrán ser acetatos, fosfatos, sulfatos y nitratos.

Finalmente, se eligió a partir de la información suministrada por la patente, un almidón modificado químicamente con tripolifosfato de sodio en una proporción de 40% en peso.

1.2. Componente B

Este componente no presenta mayor complejidad ya que es agua. Pero debe prestarse atención a las proporciones sugeridas por la patente. La mezcla de la invención comprende de 5% a 35% en peso de agua. Si la cantidad de agua es inferior al 5% en peso hay una desestructuración y homogeneización inadecuadas de la mezcla. Si el contenido de agua es superior al 35% en peso existe el riesgo de que la viscosidad de la mezcla sea demasiado baja.

Dentro de los intervalos preferidos, la plastificación de la mezcla es ideal, es decir, la desestructuración de los biopolímeros y la homogeneización y termoplastificación de la mezcla tienen lugar. Se sugiere emplear entre 10% y 25% en peso de agua. La cantidad de agua comprende tanto el agua realmente agregada como el contenido de agua que se deriva de otros componentes y que se debe tener en cuenta en los cálculos, en particular la cantidad de agua presente en el almidón y cualquier agua presente en los compuestos C, D o E. Se utilizará 30% en peso de agua, que puede ser desmineralizada, desionizada, de pozo o de cualquier otra fuente siempre que el contenido de sales sea tolerado en la aplicación prevista para el polímero.

1.3. Componente C

La lignina es el tercer constituyente. Esta es una sustancia aromática natural de alto peso molecular que, en las plantas leñosas, llena los espacios entre las membranas celulares para producir la madera. Cumple la función de controlar el balance de líquido y proveer resistencia ante microorganismos, por lo tanto, en la mezcla termoplástica dará mejores propiedades mecánicas. Se especifica la preferencia hacia ligninas alcalinas. El rango de porcentajes útiles es de 5% a 25% en peso, por lo que se decide utilizar 10% en peso de lignina.

Además de mejorar la resistencia mecánica del producto, la lignina aportará una fragancia aromática que puede ser deseable en ciertas aplicaciones.

1.4. Componente D

Esta sustancia es opcional en la mezcla termoplástica pero la cantidad requerida se vuelve significativa si la cantidad de lignina es insuficiente. Será cualquier sustancia inerte, preferiblemente orgánica, que tenga una baja presión de vapor y que interactúe físicamente con el componente A y forme un sistema homogéneo con este sin ninguna reacción química. Este componente plastificante reduce el punto de congelación de la mezcla, aumenta su capacidad de deformación, aumenta sus propiedades elásticas, reduce su dureza y, si se desea, aumenta su adhesión. Se proponen distintas sustancias entre las cuales se encuentra la glicerina, que es un subproducto de la producción de biodiesel en el país. Por lo tanto, se escoge este componente por encontrarse en grandes cantidades. Se empleará glicerina cruda (80%) por su menor costo en un porcentaje de 20% en peso.

1.5. Componente E

Puede ser un aditivo convencional como los aditivos de relleno, lubricantes, pigmentos, entre otros. Ejemplos de rellenos son polímeros sintéticos que son solubles en la mezcla, como los polímeros de ácido láctico. También es posible incorporar sustancias de relleno inorgánicas como pueden ser el óxido de aluminio, SiO_2 , TiO_2 , entre otros. Para reducir el carácter hidrofílico de la mezcla termoplástica puede agregarse una pequeña cantidad de un agente de entrecruzamiento. Agentes adecuados son los ácidos carboxílicos, derivados de ácidos inorgánicos, epóxidos, derivados de urea, isocianatos, entre otros. Estos compuestos son apropiados para una modificación química posterior al procesamiento de la mezcla. Se decide no emplear un aditivo en la formación del polímero biodegradable por ser este opcional.

2. Objetivo

A pesar de no contar con condiciones de operación idénticas a las de una planta piloto, el desarrollo de los ensayos de laboratorio tuvo como principal objetivo la medición de parámetros fisicoquímicos de algunas corrientes para realizar un mejor diseño y una mejor elección de equipos industriales. Además, se llevaron a cabo las etapas de producción con un fin cualitativo para así lograr un mejor entendimiento del proceso.

Se efectuaron los procesos de modificación de almidón y obtención de lignina para luego mezclar los productos con glicerina y producir el polímero biodegradable.

3. Obtención de lignina a partir de cáscara de arroz

Como se mencionó previamente, el componente C de la mezcla es lignina. Esta sustancia es abundante ya que se encuentra en todas las plantas en cantidad moderada, por lo tanto, debe definirse el origen de la misma. La elección de cáscara de arroz como precursor se basó en su alta disponibilidad como residuo agrícola en nuestro país y el porcentaje de lignina que esta posee. Para la elección del proceso de extracción de lignina se utilizaron principalmente los siguientes trabajos de investigación:

- Dagnino, Eliana P., Felissia, Fernando E., Chamorro, Ester, Area, María C. (2017). Studies on lignin extraction from rice husk by a soda-ethanol treatment: Kinetics, separation, and characterization of products. *Chemical Engineering Research and Design*. Volumen 129, 209-216.
- Dagnino, P., Felissia, F., Chamorro, E. y Area, M. (2016). Optimization of soda-ethanol delignification stage for a rice husk biorefinery. *Industrial Crops and Products* 97,156-165.
- Dagnino, P., Felissia, F., Chamorro, E. y Area, M. (2012). Optimization of the acid pretreatment of rice hulls to obtain fermentable sugars for bioethanol production. *Industrial Crops and Products* 42, 363-368.

A continuación, se explican las etapas de los ensayos de laboratorio realizados y los resultados obtenidos.

3.1. Molienda

Inicialmente, se debe realizar una molienda de la cáscara de arroz para aumentar la superficie de contacto y mejorar la mezcla posterior. El tamaño inicial de la cáscara ronda los 5 mm de largo por 2-3 mm de ancho por lo que se requiere un equipo de molienda fina. No pudo llevarse a cabo una reducción de tamaño de la cáscara por no contar con un equipo adecuado. Se muestra una imagen de la materia prima empleada.



Figura N° 1: Cáscara de arroz.

3.2. Pre-tratamiento ácido

Este tratamiento con ácido diluido tiene por objetivo eliminar la hemicelulosa que representa aproximadamente un 15% de la cáscara de arroz para lograr una mayor accesibilidad a la lignina. Se emplea

ácido sulfúrico diluido (0,1 M) en una proporción 7:3 respecto de la cáscara. Por lo tanto, se pusieron en contacto en un vaso de precipitados 52 g de cáscara con aproximadamente 121 ml de ácido sulfúrico 0,1 M, considerando que la densidad de la solución es 1 g/ml.

$$m_{H_2SO_4,0,1M} = 52 \text{ g}_{Cáscara} \times \frac{7}{3} = 121,33 \text{ g}_{H_2SO_4,0,1M}$$

La mezcla fue llevada a ebullición por 30 minutos en un baño de glicerina como se observa en la figura. La temperatura de ebullición de la solución fue de aproximadamente 100°C por ser en mayor proporción agua. El equipo empleado para la agitación fue un mezclador marca Decalab con control de velocidad con un agitador de hélice de paletas inclinadas. La fase líquida estará compuesta por la hemicelulosa extraída, otros componentes solubilizados (lignina soluble en ácido, compuestos inorgánicos) y un pequeño porcentaje de lignina insoluble en ácido que se perderá en la solución de ácido sulfúrico.



Figura N° 2: Pre-tratamiento con ácido diluido.

3.3. Filtración

Para la separación de la cáscara de la solución de ácido y hemicelulosa solubilizada se empleó una filtración al vacío con kitasato y embudo de Büchner. Se midió el pH del efluente líquido dando como resultado un pH igual a 1.



Figura N° 3: Filtración al vacío

Se separó el sólido formado por cáscara de arroz sin hemicelulosa para continuar con las operaciones.



Figura N° 4: Cáscara de arroz pre-tratada.

3.4. Deslignificación

Se procedió a mezclar la cáscara pre-tratada (CPT) con etanol, agua e hidróxido de sodio. Según los trabajos empleados como base, la proporción de sólidos utilizada en esta etapa es del 9% por lo tanto la relación licor:sólidos es de 10:1. A partir de esta etapa se siguieron dos metodologías distintas empleando la cáscara obtenida del pre-tratamiento; ambas se explican a continuación.

Para el primer ensayo, se pesaron 10 g de cáscara pre-tratada. El licor necesario para la extracción se compone de 50% v/v etanol y NaOH, por lo tanto, a partir de la densidad del etanol 50% v/v se calcularon los volúmenes a emplear de etanol y agua sin tener en cuenta el hidróxido de sodio por ser una pequeña cantidad.

$$m_{Licor} = 10 g_{CPT} \times \frac{10}{1} = 100 g_{Licor}$$

$$\rho_{Etanol\ 50\%} = \frac{\rho_{Etanol} + \rho_{Agua}}{2} = 0,89 \frac{g}{ml}$$

$$v_{Licor} = 100 g \times \frac{1 ml}{0,89 g} = 112,36 ml$$

$$v_{Etanol} = v_{Agua} = 112,36 ml \times 0,50 = 56,18 ml$$

La concentración de hidróxido de sodio necesaria es de 8 g/l según las publicaciones científicas, por lo tanto:

$$m_{NaOH} = 112,36 ml_{Licor} \times \frac{1 L}{1000 ml} \times 8 \frac{g_{NaOH}}{L_{Licor}} = 0,90$$

Se utilizó 1 g de granallas de NaOH debido a que la cáscara pre-tratada se encontraba humedecida con solución de ácido sulfúrico diluido. Se disolvió el NaOH en el agua medida previamente.

Reactivo	Cantidad
Cáscara de arroz pre-tratada	10 g
Etanol	56,18 ml
Agua	56,18 ml
NaOH	1 g

Tabla N° 1: Cantidades de los reactivos utilizados en el primer ensayo.



Figura N° 5: Balón con mezcla de CPT, etanol 50% y NaOH.

Para este primer ensayo, se utilizó un equipo para extracción Soxhlet con el objetivo de recircular el etanol al balón para evitar perderlo por evaporación durante el transcurso de la reacción. Las condiciones de operación no fueron posibles de alcanzar, ya que implicaban lograr una temperatura de 160°C para lo cual se requiere una presión de 13 bar aproximadamente. La temperatura a la que fue llevada a cabo la reacción fue la de ebullición de la mezcla (aproximadamente 78°C) y se mantuvo durante 1 hora, tiempo en el cual se supone sucede la reacción según los artículos consultados.



Figura N° 6: Equipo Soxhlet empleado en el primer ensayo.

Este equipo no logro cumplir el objetivo de recircular el etanol, ya que éste se acumuló en el cartucho poroso sin alcanzar el nivel suficiente para retornar al balón a través del sifón. Puede observarse esto en la siguiente imagen, además de la ebullición de la mezcla y la coloración oscura que toma el licor.



Figura N° 7: Acumulación de etanol en el cartucho poroso.

En el segundo ensayo, se utilizaron 40 g de la cáscara pre-tratada y se optó por modificar la relación licor:sólidos a 3:1, como se indica posteriormente en la descripción del proceso.

$$m_{Licor} = 40 \text{ g}_{CPT} \times \frac{3}{1} = 120 \text{ g}_{Licor}$$

$$v_{Licor} = 120 \text{ g}_{Licor} \times \frac{1 \text{ ml}}{0,89 \text{ g}} = 134,83 \text{ ml}_{Licor}$$

$$v_{Etanol} = v_{Agua} = 0,50 \times 134,83 \text{ ml} = 67,42 \text{ ml}$$

$$m_{NaOH} = 134,83 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times 8 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 1,08 \text{ g}_{NaOH}$$

Se mezcló en un erlenmeyer la cáscara con 67,42 ml de etanol, 67,42 ml de agua y 1,14 g de granallas de NaOH que fueron disueltas en el agua. Nuevamente, la masa de NaOH fue mayor a la calculada para asegurar la neutralización del ácido presente en la cáscara pre-tratada húmeda.

Reactivo	Cantidad
Cáscara de arroz pre-tratada	40 g
Etanol	67,42 ml
Agua	67,42 ml
NaOH	1,14 g

Tabla N° 2: Cantidades de reactivos utilizadas en el segundo ensayo.

Se realizó esta etapa con otro equipo más sencillo con columna refrigerada, como se muestra en la siguiente figura.



Figura N° 8: Equipo de extracción empleado en el segundo ensayo.

En esta oportunidad, se obtuvo el resultado deseado de recirculación de vapores condensados del etanol para evitar perderlo del sistema durante el transcurso de la reacción. La temperatura de operación fue la de ebullición de la mezcla y el tiempo se mantuvo en 1 hora.

3.5. Filtración

A pesar de no haber logrado el efecto deseado en el primer ensayo, se continuó con el proceso enfriando y filtrando la mezcla al vacío para separar el licor rico en lignina de la cáscara deslignificada.

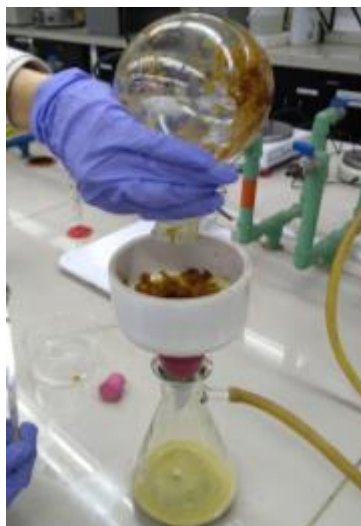


Figura N° 9: Filtración al vacío realizada en el primer ensayo.

La misma operación fue llevada a cabo durante el segundo ensayo de laboratorio.



Figura N° 10: Filtración al vacío realizada en el segundo ensayo.

Se descartó el sólido compuesto por la cáscara deslignificada, cuya composición principal es celulosa, y se siguieron los ensayos con el líquido donde se encontraba la lignina solubilizada.

3.6. Evaporación del etanol

Para lograr la precipitación de la lignina debe evaporarse el etanol presente en el líquido, ya que al acidificar el licor sin eliminar el etanol se formaría dietil éter. Esto se realizó calentando en el baño de glicerina, como se observa en la figura, el filtrado del primer ensayo. La mayor parte del etanol ya había sido removida durante la extracción, y la filtración al vacío debido a que es una sustancia volátil que hierve a 34°C en vacío.



Figura N° 11: Evaporación del etanol en el primer ensayo.

En el segundo ensayo, la evaporación se realizó previamente a la filtración del licor descrita en 3.5, quitando la columna refrigerada para permitir la liberación de los vapores.

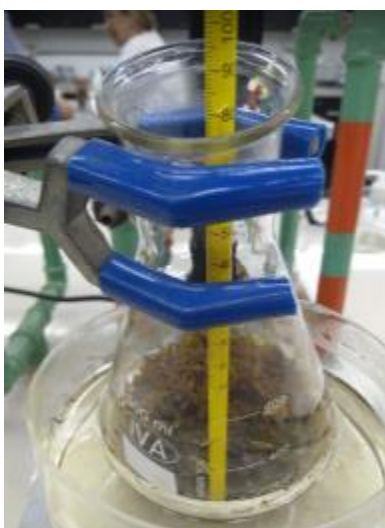


Figura N° 12: Evaporación del etanol en el segundo ensayo.

3.7. Precipitación de lignina

Para precipitar la lignina debe acidificarse el licor obtenido hasta pH 3, según los trabajos usados como guía, debido a que la misma es insoluble en ácido. Se muestra a continuación la acidificación del licor en ambos ensayos donde se utilizó una solución de H_2SO_4 10% p/p.



Figura N° 134: Acidificación del licor obtenido en el primer ensayo.



Figura N° 14: Acidificación del licor obtenido en el segundo ensayo.

El licor pasó de un color oscuro a un color más claro y turbio que evidenció la insolubilidad de la lignina en ácido. Se registró el volumen consumido en el segundo ensayo, siendo este de 2,80 ml de ácido sulfúrico 10% p/p.

3.8. Separación de la lignina precipitada

Para obtener la lignina precipitada se utilizó la filtración al vacío en el primer ensayo y la centrifugación en el segundo ensayo. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.



Figura N° 15: Filtración al vacío en el primer ensayo.

Se observa la deposición de precipitado en el papel de filtro. Estos sólidos fueron raspados cuidadosamente con espátula del papel.

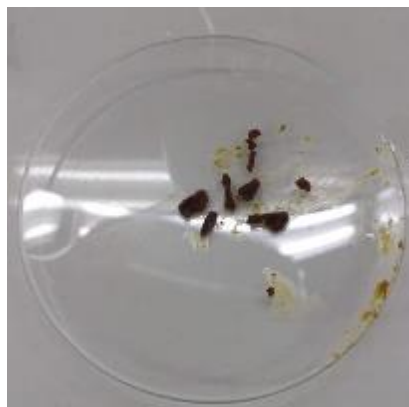


Figura N° 16: Lignina obtenida en el primer ensayo.

En cuanto al segundo ensayo, se realizó una centrifugación del licor para evaluar la viabilidad de la operación. La misma resultó útil como se observa a continuación, por lo que se determinó emplear una centrifugación a escala industrial.

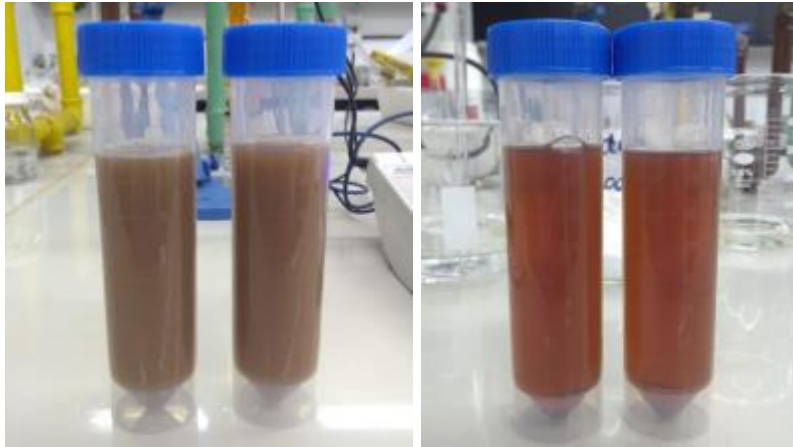


Figura N° 17: Licor antes y después de la Centrifugación en el segundo ensayo.

Se retiró la solución sobrenadante con pipeta hasta obtener el sólido depositado en el fondo. Finalmente, se obtuvieron 0,80 g de lignina húmeda.



Figura N° 18: Lignina obtenida en el segundo ensayo.

4. Modificación de almidón de maíz

Como se indicó previamente, se optó por el empleo de un almidón modificado con tripolifosfato de sodio como base del polímero biodegradable. Se utilizaron los siguientes trabajos científicos para llevar a cabo los ensayos de laboratorio de modificación del almidón nativo:

- Kerr, R., Cleveland, F. (1959). US 2.884.413 Orthophosphate esters of starch.
- Lim, S., Seib, P. A. (1993). Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. Cereal Chem, Volumen 70, 137-144.

4.1. Reacción de entrecruzamiento

Esta etapa implica la mezcla de los siguientes reactivos:

- Almidón de maíz (45%)
- Agua (51%)
- Na_2SO_4 (2%)
- Tripolifosfato de sodio (STPP) (2%)
- Solución de NaOH 1 N

El tripolifosfato de sodio se obtuvo de la empresa Sudamfos S.A. Las cantidades utilizadas fueron:

Reactivo	Cantidad
Almidón de maíz	52 g
Agua	58,93 g
Na_2SO_4	2,31 g
Tripolifosfato de sodio	2,31 g

Tabla N° 3: Cantidades de reactivos empleadas.



Figura N° 19: Tripolifosfato de sodio utilizado en la reacción de entrecruzamiento.

El pH debe llevarse a aproximadamente 10 y la agitación debe ser continua por 1 hora. Se empleó un equipo de agitación marca Decalab y un agitador de hélice de paletas inclinadas. Se midió el pH constantemente con pHmetro y se dosificó solución de hidróxido de sodio con pipeta para alcanzar el valor deseado.

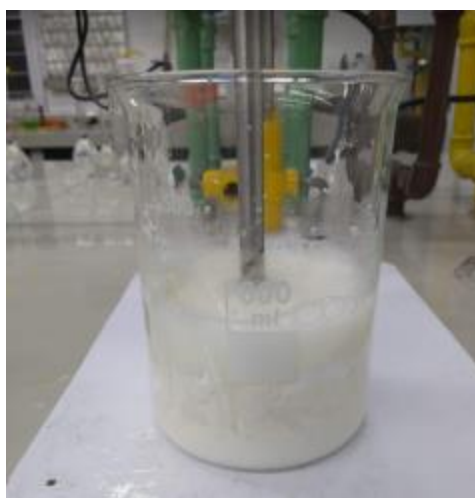


Figura N° 20: Mezclado de los reactivos.

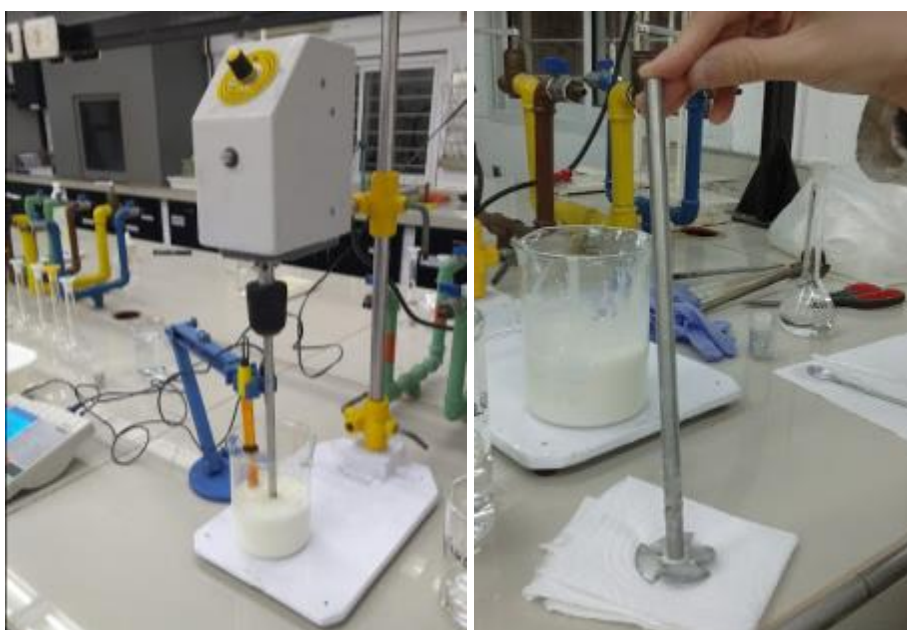


Figura N° 21: Equipo de agitación y agitador empleado en la reacción de entrecruzamiento.

Inicialmente, se utilizó una velocidad de agitación baja ya que la mezcla de almidón y agua presenta un comportamiento de fluido dilatante. Pasados 15 minutos se observó un cambio en la viscosidad de la mezcla que perdió esta propiedad y pasó a ser una suspensión fácil de agitar, por lo que se aumentó la velocidad del equipo de agitación. Finalizada la reacción se midió la viscosidad de la suspensión y se obtuvo un valor de 5,70 cp.



Figura N° 22: Medición de la viscosidad de la mezcla.

Se observó un consumo de 5 ml de solución NaOH 1 N para mantener el pH en 10,20 debido a que en la reacción de modificación se liberan H^+ al medio con el consecuente descenso del pH de la mezcla. Una medición del pH a intervalos de 10 minutos reveló que el mismo permanece constante a los 40 minutos, por lo que se concluyó que la reacción se completa en ese tiempo.

4.2. Filtración

Una vez finalizada la reacción, la siguiente etapa consistió en la filtración de la solución obtenida. Se utilizó una filtración al vacío para mejorar la eficiencia y disminuir el tiempo de esta operación.



Figura N° 23: Filtración al vacío del almidón modificado.

Se midió el pH del filtrado obteniendo un valor de aproximadamente 9,50. Este efluente deberá ser neutralizado y controlada la cantidad de materia orgánica y fosfatos disueltos.

4.3. Secado y tratamiento térmico

Según la bibliografía consultada, para hacer efectiva la fosforilación y mejorar el entrecruzamiento del almidón se efectúa un secado a 60°C y posteriormente, un tratamiento térmico a temperaturas entre 120°C y 140°C por 2 horas. Se optó por realizar sólo el tratamiento térmico a 130°C en estufa.

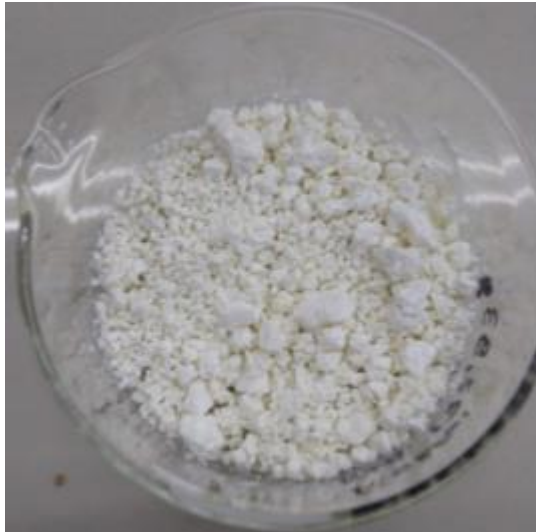


Figura N° 24: Cristalizador con almidón modificado seco.

4.4. Medición de materia orgánica

Se realizó la técnica de “Oxígeno Consumido” del Standard Methods for the examination of water and sewage para conocer la cantidad de materia orgánica presente en el filtrado. Se denomina oxígeno consumido al oxígeno del permanganato de potasio que consume un agua cuando se la trata con este reactivo en condiciones determinadas.



Figura N° 25: Filtrado con restos de almidón y fosfatos.

La técnica consiste en la mezcla de 100 ml de muestra (un volumen de muestra llevado a 100 ml con agua destilada), 10 ml de solución de permanganato de potasio 0,0125 N y 10 ml de solución de ácido sulfúrico. Se sumerge el Erlenmeyer en un baño de agua hirviendo; luego de 30 minutos de calentamiento, se retira el Erlenmeyer del baño, se agregan 10 ml de solución de ácido oxálico 0,0125 N y se valora por retorno con

solución de permanganato de potasio hasta obtener una coloración rosada débil persistente, a una temperatura entre 60 y 80°C.



Figura N° 26: Técnica de oxígeno consumido.

Finalmente, la cantidad de oxígeno consumido se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Oxígeno consumido} \left(\frac{mg}{L} \right) = (n - nf) \times \frac{100}{V}$$

n = Volumen en ml empleados en la valoración por retorno en caliente.

nf = Volumen en ml empleado en la valoración en frío.

V = Volumen de la muestra.

La valoración en frío debe realizarse en el caso que la muestra contenga sustancias minerales reductoras del permanganato.

Luego de realizar los cálculos, se obtuvo un valor de oxígeno consumido de 440 mg O/L, con lo cual se concluyó que el efluente tendrá un alto contenido de materia orgánica y el tratamiento del mismo deberá diseñarse en base a ello.

5. Formación del biopolímero

Según la patente elegida, los componentes deben ser mezclados introduciendo energía térmica y mecánica mediante esfuerzos de corte. La temperatura a la que debe realizarse la incorporación de los reactivos es de 130°C para favorecer la disolución del almidón modificado en el agua. Inicialmente, se mezclaron el almidón modificado y el agua, y luego de unos minutos de mezcla, se agregaron la glicerina y la lignina, manteniendo la temperatura con un baño de glicerina.



Figura N° 27: Mezcla de almidón modificado y agua.

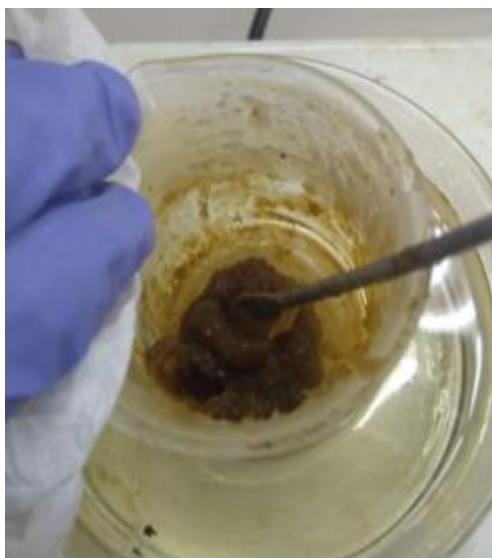


Figura N° 28: Agregado de glicerina y lignina.

La mezcla obtenida se dejó enfriar unos grados y se introdujo en un tubo de vidrio para proporcionarle forma cilíndrica y pareja. Se muestran las imágenes a continuación:



Figura N° 29: Polímero biodegradable obtenido.

6. Conclusiones

Finalmente, se resumen a continuación los puntos más importantes y los datos obtenidos durante los ensayos:

Factor		Etapa
pH efluente	1	Obtención de lignina – Filtración 1
Relación licor:cáscara	3:1	Obtención de lignina – Deslignificación
pH acidificación	3	Obtención de lignina – Precipitación
Viscosidad de la mezcla	5,70 cp	Modificación del almidón - Entrecruzamiento
Consumo de NaOH 1N	5 ml	Modificación del almidón – Entrecruzamiento
Tiempo de reacción	40 minutos	Modificación del almidón – Entrecruzamiento
pH efluente	9,50	Modificación del almidón – Filtración 2
Oxígeno consumido del efluente	440 mg O/L	Modificación del almidón

Tabla N° 4: Resultados obtenidos en los ensayos.

- Se decidió reducir la relación de licor:cáscara de 7:3 a 3:1 en la reacción de pre-tratamiento, debido a que el volumen ocupado por el sólido no era demasiado.
- Se probaron dos operaciones de separación de la lignina precipitada: filtración y centrifugación. La segunda resultó ser más eficiente y rápida por lo que se seleccionó para la elección del equipo industrial a emplear.
- Se determinó que el comportamiento dilatante de la mezcla de almidón y agua se mantiene por pocos minutos durante la modificación del almidón y su viscosidad final no es elevada, por lo que la agitación a escala industrial no debe tener mayores complicaciones.

- El tiempo de reacción de entrecruzamiento se determinó a partir de la variación del pH. El mismo se estabilizó pasados los 40 minutos de reacción, por lo que puede suponerse que en ese momento se detiene la reacción. Se decidió emplear 60 minutos como tiempo de reacción en el diseño para asegurar que se complete la misma.
- Se determinó que durante la formación del polímero la evaporación de una parte del agua agregada no fue negativa, por lo que no será perjudicial el escape de vapor durante la extrusión.
- Se obtuvo un polímero con buenas propiedades a pesar de no haber podido replicar las condiciones de los ensayos de manera exacta.

7. Bibliografía

- Chávez-Sifontes, M., Domine, Marcelo E. (2013). Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de Despolimerización para la Obtención de Derivados Aromáticos de interés industrial. Avances en Ciencias e Ingeniería. Vol. 4, N° 4, 15-46. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/folders/0B5hYjyC6Hpq5UmpEcmFVejR3aXM>.
- Dagnino, Eliana P., Felissia, Fernando E., Chamorro, Ester, Area, María C. (2017). Studies on lignin extraction from rice husk by a soda-ethanol treatment: Kinetics, separation, and characterization of products. Chemical Engineering Research and Design. Volumen 129, 209-216. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876217305919>.
- Dagnino, P., Felissia, F., Chamorro, E. y Area, M. (2016). Optimization of soda-ethanol delignification stage for a rice husk biorefinery. Industrial Crops and Products 97,156-165. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016308469>.
- Dagnino, P., Felissia, F., Chamorro, E. y Area, M. (2012). Optimization of the acid pretreatment of rice hulls to obtain fermentable sugars for bioethanol production. Industrial Crops and Products 42, 363-368. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901200341X>.
- Gutiérrez, Tomy J., Pérez, E., Guzmán, R. (2014). Physicochemical and Functional Properties of Native and Modified by Crosslinking, Dark-Cush-Cush Yam (*Dioscorea Trifida*) and Cassava (*Manihot Esculenta*) Starch. Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry, 2014, Vol. 2, N°1, 1-5. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/0812/8403e1efb5b629037c50881f4f1f21bf1e7c.pdf>.
- Kerr, R., Cleveland, F. (1959). US 2.884.413 Orthophosphate esters of starch. Recuperado de: <https://patents.google.com/patent/US2884413A/en?q=Orthophosphate&q=esters&q=starch&oq=Orthophosphate+esters+of+starch>.
- Lim, S., Seib, P. A. (1993). Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. Cereal Chem, Volumen 70, 137-144. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/b4a9/81111988892764e80f7c7c9fcfa14b8f982b.pdf>.
- Bengs, H. (2002). US 6.406.530B1 Biopolymer-based thermoplastic mixture for producing biodegradable shaped bodies. Recuperado de: <https://patents.google.com/patent/US6406530B1/en?q=US+6406530B1>.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo VI: Balances de masa y energía

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo	178
2. Generalidades.....	178
3. Obtención de lignina	179
3.1 Balances de masa de corrientes primarias	179
3.1.1. Centrifugación 3	180
3.1.2. Precipitación de lignina.....	180
3.1.3. Centrifugación 2	180
3.1.4. Deslignificación.....	180
3.1.5. Centrifugación 1	180
3.1.6. Pre-tratamiento ácido.....	181
3.2. Balances de masa de corrientes secundarias.....	181
3.2.1. Pre-tratamiento ácido.....	182
3.2.2. Centrifugación 1	183
3.2.3. Deslignificación.....	185
3.2.4. Centrifugación 2	186
3.2.5. Primera evaporación de etanol	188
3.2.6. Segunda evaporación del etanol	189
3.2.7. Condensación del etanol	189
3.2.8. Precipitación de lignina.....	189
3.2.9. Centrifugación 3	191
4. Modificación de almidón de maíz.....	193
4.1. Balances de masa de corrientes principales	193
4.1.1. Centrifugación.....	193
4.1.2. Reacción de entrecruzamiento.....	194
4.2. Balances de masa de corrientes secundarias.....	195
4.2.1. Reacción de entrecruzamiento.....	195

4.2.2. Centrifugación.....	196
4.2.3. Secado y tratamiento térmico	197
5. Glicerina	198
6. Formación del polímero biodegradable	198
7. Balances de energía.....	200
7.1. Obtención de lignina	200
7.1.1. Pre-tratamiento.....	200
7.1.2. Deslignificación.....	201
7.1.3. Enfriamiento	203
7.1.4. Primera evaporación de etanol	205
7.1.5. Segunda evaporación del etanol	206
7.1.6. Condensación del etanol	206
7.2. Modificación de almidón de maíz	207
7.2.1. Secado y tratamiento térmico	207
7.3. Formación del polímero	208
7.3.1. Extrusión	208
7.3.2. Enfriamiento	208
7.4. Resumen de fluidos térmicos	209
8. Bibliografía.....	210

Índice de Figuras

Figura N° 1: Diagrama de bloques. Obtención de Lignina.	179
Figura N° 2: Diagrama de bloques. Modificación de Almidón.	193
Figura N° 3: Reacción de entrecruzamiento de almidón (St) con STPP.	195
Figura N° 4: Diagrama de bloques. Obtención de Lignina.	200
Figura N° 5: Gráficos de calor específico calculado y experimental para distintos compuestos.	204

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Composición de la cáscara de arroz.....	181
Tabla N° 2: Composición de la cáscara pre-tratada (CPT).....	183
Tabla N° 3: Composición de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación 1.....	183
Tabla N° 4: Composición de la cáscara pre-tratada (CPT) a la salida de la Centrifugación 1.....	184
Tabla N° 5: Composición de la fracción líquida en la corriente sólida de salida de la Centrifugación 1.....	184
Tabla N° 6: Composición principal de la corriente de líquida de entrada a la Centrifugación 2.....	186
Tabla N° 7: Componentes minoritarios de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación 2.....	187
Tabla N° 8: Composición principal de la corriente líquida de salida de la Centrifugación 2.....	187
Tabla N° 10: Composición de la corriente sólida de desecho a la salida de la Centrifugación 2.....	188
Tabla N° 11: Composición principal de la corriente de salida de la Evaporación.....	188
Tabla N° 12: Composición de la corriente de salida del segundo evaporador.....	189
Tabla N° 13: Composición de la mezcla previa a Acidificación.....	190
Tabla N° 14: Composición de la corriente de salida de la Precipitación.....	191
Tabla N° 15: Composición de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación 3.....	191
Tabla N° 16: Composición de la fracción líquida que acompaña a la lignina obtenida.....	191
Tabla N° 17: Composición del efluente a la salida de la Centrifugación 3.....	192
Tabla N° 18: Composición de la corriente de entrada a la Centrifugación.....	196
Tabla N° 19: Composición de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación.....	196
Tabla N° 20: Composición de la fracción de líquido presente en el sólido.....	197
Tabla N° 21: Composición de la corriente líquida a la salida de la Centrifugación.....	197
Tabla N° 22: Composición de las impurezas del almidón modificado.....	197
Tabla N° 23: Componentes puros para la formación de polímero biodegradable.....	198
Tabla N° 24: Impurezas presentes en el polímero biodegradable.....	199
Tabla N° 25: Datos caloríficos de los componentes en el Pre-tratamiento.....	201
Tabla N° 26: Composición de la mezcla en la Deslignificación.....	201
Tabla N° 27: Composición principal de la mezcla en la Deslignificación.....	202
Tabla N° 28: Composición principal de la mezcla al finalizar la Deslignificación.....	203
Tabla N° 29: Composición de la mezcla que ingresa a la primera Evaporación.....	205
Tabla N° 30: Calor específico y calor de vaporización de los componentes en la Evaporación.....	205
Tabla N° 31: Composición de la mezcla que ingresa a la segunda Evaporación.....	206
Tabla N° 32: Composición de la corriente de almidón modificado que ingresa al Secado.....	207
Tabla N° 33: Calor específico y calor latente del almidón modificado y el agua.....	207
Tabla N° 34: Datos de los componentes para la formación del polímero.....	208
Tabla N° 35: Corrientes de fluidos de calentamiento y enfriamiento.....	209

1. Objetivo

En este capítulo se realizarán los balances de masa y energía de los procesos involucrados. Los mismos nos permitirán conocer los requerimientos de materias primas y reactivos, y las necesidades térmicas en ciertos equipos de transferencia de calor.

2. Generalidades

Inicialmente, se definió que la producción anual será de 10.500 toneladas de polímero biodegradable. Todos los procesos involucrados serán en régimen continuo. La planta trabajará 330 días al año, empleando los 25 días restantes para realizar una parada de planta con el objetivo de efectuar tareas de mantenimiento.

El polímero biodegradable se compone de:

- Almidón de maíz modificado (40%)
- Agua (30%)
- Glicerina cruda (20%)
- Lignina (10%)

3. Obtención de lignina

3.1 Balances de masa de corrientes primarias

Como se detalló en el capítulo Descripción del Proceso, la cáscara de arroz se compone de lignina insoluble en ácido (17,20%) y lignina soluble en ácido (1,80%). El objetivo es extraer de la cáscara la lignina insoluble en ácido.

Diariamente se requerirán 3,18 toneladas de lignina, ya que la misma representará el 10% de la producción de polímero biodegradable.

$$\dot{m}_L = 10.500 \frac{Tn_{PB}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{0,10 Tn_L}{1 Tn_{PB}} = 3,18 \frac{Tn_L}{d}$$

La misma será obtenida de la cáscara de arroz. A continuación, se muestra un diagrama del proceso de obtención, que servirá de guía para seguir las operaciones.

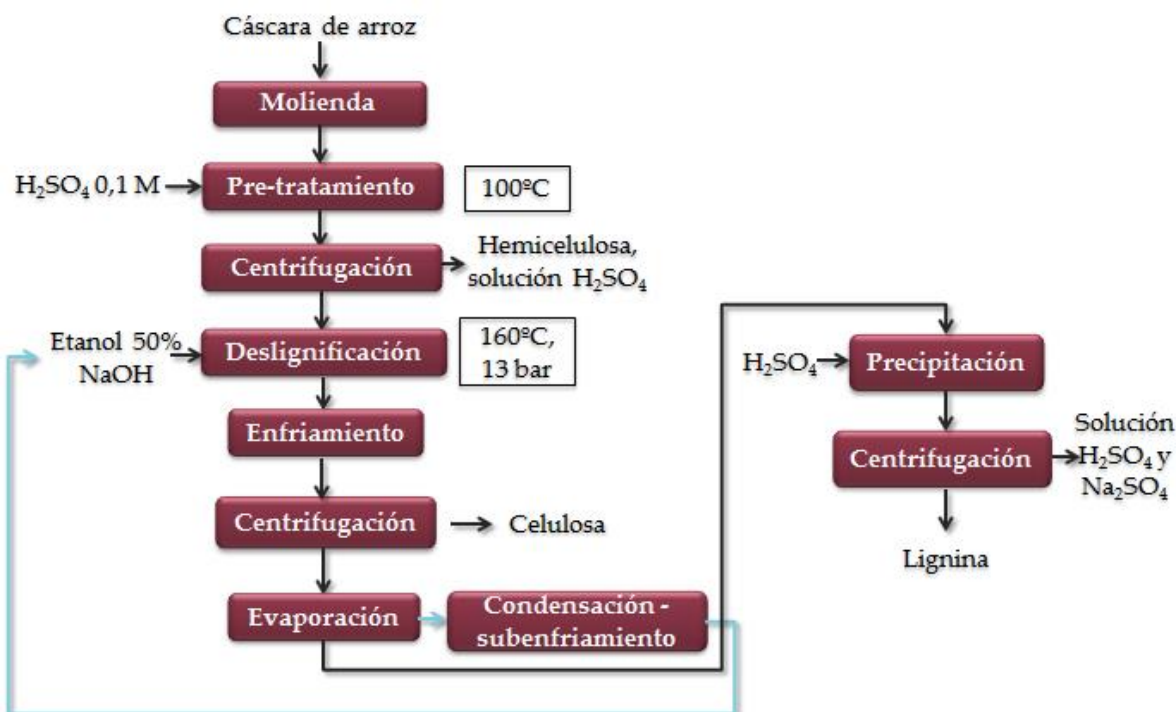


Figura N° 1: Diagrama de bloques. Obtención de Lignina.

3.1.1. Centrifugación 3

La corriente de lignina que se obtiene a la salida de la última centrifugación será un sólido con un 30% de humedad relativa. Por lo tanto, la lignina húmeda obtenida es:

$$\dot{m}_{L_h} = 3,18 \frac{Tn_L}{d} \times 1,30 = 4,13 \frac{Tn_{L_h}}{d}$$

Donde L_h = lignina húmeda y L = lignina seca.

Se considerará una pérdida de lignina del 5% que pudiera suceder durante la centrifugación. Esta lignina será arrastrada por la corriente líquida. Por lo tanto, el caudal de lignina previo a la centrifugación será:

$$\dot{m}_L = 3,18 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{100}{95} = 3,35 \frac{Tn_L}{d}$$

3.1.2. Precipitación de lignina

Mediante el agregado de solución de ácido sulfúrico se llevará el pH a 3 para lograr la precipitación de la lignina insoluble en ácido. El rendimiento de esta operación es de 95%, por lo tanto, el caudal de lignina en solución será de:

$$\dot{m}_L = 3,35 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{100}{95} = 3,53 \frac{Tn_L}{d}$$

3.1.3. Centrifugación 2

Durante la etapa de evaporación de etanol no varía el caudal de lignina, por lo que no habrá pérdidas de la misma. En esta etapa de centrifugación se recuperará la corriente líquida conformada por lignina solubilizada en una mezcla de etanol y solución de NaOH. Se considerará una pérdida de lignina líquida del 5% que quedará contenida en la humedad del sólido, compuesto principalmente por celulosa.

$$\dot{m}_L = 3,53 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{100}{95} = 3,71 \frac{Tn_L}{d}$$

3.1.4. Deslignificación

Esta operación tiene un rendimiento del 90%, es decir que se logra extraer un 90% de la lignina presente en la cáscara de arroz pre-tratada alimentada al reactor. A partir de esto, obtenemos la corriente de lignina previa al reactor:

$$\dot{m}_L = 3,71 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{100}{90} = 4,12 \frac{Tn_L}{d}$$

3.1.5. Centrifugación 1

En esta etapa se recuperará la cáscara de arroz pre-tratada y se descartará el efluente líquido. La lignina presente en la corriente de cáscara pre-tratada previa a la centrifugación se obtiene considerando una pérdida del 5% en el efluente.

$$\dot{m}_L = 4,12 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{100}{95} = 4,34 \frac{Tn_L}{d}$$

3.1.6. Pre-tratamiento ácido

El pre-tratamiento ácido se efectúa para remover la hemicelulosa de la cáscara de arroz, pero también se elimina un 10% de lignina presente. Por lo tanto, el caudal de lignina previo al pre-tratamiento será:

$$\dot{m}_L = 4,34 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{100}{90} = 4,82 \frac{Tn_L}{d}$$

Finalmente, podemos conocer el caudal másico de cáscara de arroz requerido para producir 3,18 toneladas diarias de lignina seca.

$$\dot{m}_{Cáscara} = 4,82 \frac{Tn_L}{d} \times \frac{1}{0,172} \frac{Tn_{Cáscara}}{Tn_L} = 28,04 \frac{Tn_{Cáscara}}{d}$$

Se tendrá un depósito para el almacenamiento de cáscara de arroz para asegurar un abastecimiento de 9 días, lo que representa 255,6 toneladas. Considerando que se adquiriera cáscara de arroz prensada, supondremos una densidad promedio entre la densidad real y aparente:

$$\rho_{promedio} = \frac{\rho_{real} + \rho_{aparente}}{2} = \frac{1,57 \frac{g}{cm^3} + 0,12 \frac{g}{cm^3}}{2} = 0,85 \frac{g}{cm^3}$$

Posteriormente en el capítulo de Diseño de Equipos, se describirá el procedimiento de cálculo del volumen de almacenamiento de la cáscara de arroz, que será provista en forma de pacas.

3.2. Balances de masa de corrientes secundarias

Conociendo el caudal másico de cáscara de arroz requerido diariamente (28,04 Tn), podemos calcular los caudales de los reactivos y corrientes secundarias. Se muestra a continuación, la composición de la cáscara de arroz que se utilizará para realizar los cálculos:

Composición	Porcentaje
Celulosa	34
Hemicelulosa	15
Lignina insoluble en ácido	17,20
Lignina soluble en ácido	1,80
Compuestos inorgánicos	15
Extractos (grasas, alcaloides, resinas)	8
Otros (ceras y gomas)	8
Grupos acetilo	1

Tabla N° 1: Composición de la cáscara de arroz.

3.2.1. Pre-tratamiento ácido

Se alimentará al reactor cáscara de arroz pulverizada y ácido sulfúrico 0,1 M en una proporción 3:7 como una suspensión. Por lo tanto, el caudal de solución de ácido sulfúrico que ingresará será:

$$\dot{m}_{H_2SO_4\ 0,1M} = 28,04 \frac{Tn_{Cáscara}}{d} \times \frac{7}{3} = 65,43 \frac{Tn_{H_2SO_4\ 0,1M}}{d}$$

En esta etapa, se solubiliza la hemicelulosa presente en la cáscara, por lo tanto, la corriente de salida del reactor estará compuesta por el total de la hemicelulosa, un 10% de la lignina insoluble en ácido y el total de la lignina soluble en ácido en solución de ácido sulfúrico, y cáscara de arroz sin los componentes mencionados como sólido. Los caudales serán:

$$\dot{m}_{Hemicelulosa} = 28,04 \frac{Tn_{Cáscara}}{d} \times \frac{0,15}{1} \frac{Tn_{Hemicelulosa}}{Tn_{Cáscara}} = 4,21 \frac{Tn_{Hemicelulosa}}{d}$$

$$\dot{m}_{LS} = 28,04 \frac{Tn_{Cáscara}}{d} \times \frac{0,018}{1} \frac{Tn_{LS}}{Tn_{Cáscara}} = 0,50 \frac{Tn_{LS}}{d}$$

LS = Lignina soluble en ácido.

Pérdida de lignina insoluble en ácido:

$$\dot{m}_L = 4,82 \frac{Tn_L}{d} \times 0,1 = 0,48 \frac{Tn_L}{d}$$

También se solubiliza un 42% de los compuestos inorgánicos (CI) presentes en la cáscara de arroz (15% de la cáscara de arroz) y un 86% de los extractos, gomas, ceras y resinas (16% de la cáscara de arroz).

$$\dot{m}_{CI} = 28,04 \frac{Tn_{Cáscara}}{d} \times \frac{0,15}{1} \frac{Tn_{CI}}{Tn_{Cáscara}} \times 0,42 = 1,77 \frac{Tn_{CI}}{d}$$

$$\dot{m}_{Otros} = 28,04 \frac{Tn_{Cáscara}}{d} \times \frac{0,16}{1} \frac{Tn_{Otros}}{Tn_{Cáscara}} \times 0,86 = 3,86 \frac{Tn_{Otros}}{d}$$

El caudal de sólido será:

$$\dot{m}_{CPT} = \dot{m}_{Cáscara} - \dot{m}_{Hemicelulosa} - \dot{m}_{LS} - \dot{m}_L - \dot{m}_{CI} - \dot{m}_{Otros}$$

$$\dot{m}_{CPT} = 17,22 \frac{Tn_{CPT}}{d}$$

Este sólido, cáscara de arroz pre-tratada (CPT), estará compuesto por celulosa, lignina insoluble en ácido, compuestos inorgánicos y extractos, gomas, ceras, resinas en menor proporción. El caudal de cada uno de los componentes se calcula a partir de los porcentajes iniciales de los mismos en la cáscara (Tabla N°1) y considerando los caudales que pasan a la corriente líquida.

Componente	Caudal (kg/d)	Porcentaje (%)
Celulosa	9.533,60	55,34
Lignina insoluble en ácido	4.340,60	25,20
Compuestos inorgánicos	2.439,50	14,17
Extractos y otros (ceras, gomas)	628,10	3,66
Grupos acetilo	280,40	1,63

Tabla N° 2: Composición de la cáscara pre-tratada (CPT).

3.2.2. Centrifugación 1

La corriente líquida de entrada a esta operación estará compuesta por la solución de ácido sulfúrico y los componentes solubilizados:

$$\dot{m}_{\text{Corriente líquida}} = \dot{m}_{\text{ác 0,1M}} + \dot{m}_{\text{Hemicelulosa}} + \dot{m}_{\text{LS}} + \dot{m}_{\text{L}} + \dot{m}_{\text{CI}} + \dot{m}_{\text{Otros}}$$

$$\dot{m}_{\text{Corriente líquida}} = 76,25 \frac{Tn_{\text{líquido}}}{d}$$

Componente	Caudal (Tn/d)	Porcentaje (%)
Solución de H ₂ SO ₄	65,43	85,81
Hemicelulosa	4,21	5,52
Otros (extractos, ceras y gomas)	3,86	5,06
Compuestos inorgánicos	1,77	2,32
Lignina soluble en ácido	0,50	0,66
Lignina insoluble en ácido	0,48	0,63

Tabla N° 3: Composición de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación 1.

La corriente sólida será de 17,22 toneladas de cáscara de arroz pre-tratada por día. Se considerará que la corriente de cáscara de arroz sale con un contenido de humedad del 20% y que se pierde un 5% del sólido en la corriente líquida. Por lo tanto, podemos conocer la corriente de sólido húmedo a la salida de la centrifugación:

$$\dot{m}_{CPT} = 17,22 \frac{Tn_{CPT}}{d} \times 0,95 = 16,36 \frac{Tn_{CPT}}{d}$$

$$\dot{m}_{CPT \text{ húmeda}} = 16,36 \frac{Tn_{CPT}}{d} \times 1,20 = 19,63 \frac{Tn_{CPT \text{ húmeda}}}{d}$$

Se muestra a continuación la composición de la cáscara de arroz pre-tratada que servirá para conocer el contenido de lignina:

Componente	Caudal (kg/d)
Celulosa	9.056,90
Lignina insoluble en ácido	4.123,60
Compuestos inorgánicos	2.317,50
Extractos y otros (ceras, gomas)	598,80
Grupos acetilo	266,40

Tabla N° 4: Composición de la cáscara pre-tratada (CPT) a la salida de la Centrifugación 1

$$\dot{m}_{Fracción\ líquida} = \dot{m}_{CPT\ húmeda} - \dot{m}_{CPT} = 3,27 \frac{Tn_{Fracción\ líquida}}{d}$$

Para conocer la composición de la fracción líquida se multiplica este caudal por los porcentajes de cada componente en la corriente de líquido (Tabla N° 3):

Composición	Caudal (kg/d)
Solución de H ₂ SO ₄	2.810
Hemicelulosa	180
Lignina soluble en ácido	21
Lignina insoluble en ácido	20
Compuestos inorgánicos	76
Otros (extractos, ceras y gomas)	165

Tabla N° 5: Composición de la fracción líquida en la corriente sólida de salida de la Centrifugación 1.

El efluente líquido a la salida de esta operación será la corriente líquida de entrada menos la fracción líquida que queda retenida en la corriente sólida más la cáscara pre-tratada arrastrada por el líquido y estará compuesto principalmente por solución de H₂SO₄, hemicelulosa y extractos, ceras y gomas.

$$\dot{m}_{Efluente} = \dot{m}_{Corriente\ líquida} - \dot{m}_{Fracción\ líquida} + \dot{m}_{CPT}$$

$$\dot{m}_{Efluente} = 76,25 \frac{Tn_{liquido}}{d} - 3,27 \frac{Tn_{Fracción\ líquida}}{d} + (17,22 - 16,36) \frac{Tn_{CPT}}{d} = 73,84 \frac{Tn_{Efluente}}{d}$$

3.2.3. Deslignificación

Se alimentará la cáscara de arroz pre-tratada húmeda (19,63 Tn/d) y se mezclará con etanol 50% (v/v) y NaOH en una concentración de 8 g/L. El tiempo requerido para la reacción es de 1 hora. Para conocer el caudal de etanol 50% (v/v) requerido, se sabe que la relación etanol:sólidos es 3:1, por lo tanto:

$$\dot{m}_{Etanol\ 50\%} = 16,36 \frac{Tn_{CPT}}{d} \times \frac{3 Tn_{Etanol\ 50\%}}{1 Tn_{CPT}} = 49,08 \frac{Tn_{Etanol\ 50\%}}{d}$$

Para conocer el caudal requerido de NaOH debe conocerse el caudal volumétrico de etanol 50%. Dado que es una mezcla de volúmenes iguales de etanol y agua, la densidad se calcula de la siguiente forma:

$$\rho_{Etanol\ 50\%} = \frac{\rho_{Etanol} + \rho_{Agua}}{2} = 0,89 \frac{g}{ml}$$

$$\dot{v}_{Etanol\ 50\%} = 49,08 \frac{Tn_{Etanol\ 50\%}}{d} \times \frac{1}{8,9 \times 10^{-4} Tn} \frac{L}{Tn} = 55.146,07 \frac{L_{Etanol\ 50\%}}{d}$$

$$\dot{m}_{NaOH} = 55.146,07 \frac{L_{Etanol\ 50\%}}{d} \times 8 \times 10^{-3} \frac{kg}{L} = 441,17 \frac{kg_{NaOH}}{d}$$

Se deberá tener en cuenta un exceso de NaOH para neutralizar los restos de solución de H₂SO₄ presentes en el sólido húmedo. Para conocer esta masa, se calculan los equivalentes de H₂SO₄ presentes en la corriente de entrada al reactor. La densidad de la solución de ácido sulfúrico 0,1M es aproximadamente 1 g/ml.

$$\dot{N}_{H_2SO_4} = 2.810 \frac{kg_{ác\ 0,1\ M}}{d} \times 1 \frac{L}{kg} \times 0,1 \frac{mol_{H_2SO_4}}{L_{ác\ 0,1\ M}} = 281 \frac{moles_{H_2SO_4}}{d}$$

$$\dot{E}q_{H_2SO_4} = 281 \frac{mol_{H_2SO_4}}{d} \times \frac{2\ Eq}{1\ mol} = 562 \frac{Eq}{d} = \dot{E}q_{NaOH}$$

$$\dot{m}_{NaOH\ exceso} = 562 \frac{Eq}{d} \times 0,04 \frac{kg_{NaOH}}{Eq} = 22,48 \frac{kg_{NaOH}}{d}$$

El caudal másico total de hidróxido de sodio será:

$$\dot{m}_{NaOH\ total} = \dot{m}_{NaOH} + \dot{m}_{NaOH\ exceso} = 463,65 \frac{kg_{NaOH}}{d}$$

Dado que en su forma sólida el hidróxido de sodio es higroscópico, se opta por adquirirlo y almacenarlo como solución industrial al 50%. Se calcula a continuación el caudal de solución diario requerido.

$$\dot{m}_{NaOH\ 50\%} = 463,65 \frac{kg_{NaOH}}{d} \times \frac{1}{0,50} \frac{kg_{NaOH\ 50\%}}{kg_{NaOH}} = 927,30 \frac{kg_{NaOH\ 50\%}}{d}$$

Esta solución aportará 463,65 kg de agua por día, por lo que debe restarse este caudal al caudal de agua de la solución etanol 50%. Para ello calculamos la masa de etanol y agua en la solución:

$$\dot{v}_{Etanol} = 55.146,07 \frac{L_{Etanol\ 50\%}}{d} \times \frac{0,50}{1} \frac{L_{Etanol}}{L_{Etanol\ 50\%}} = 27.573,04 \frac{L_{Etanol}}{d}$$

$$\dot{m}_{Etanol} = 27.573,04 \frac{L_{Etanol}}{d} \times 7,8 \times 10^{-4} \frac{Tn}{L} = 21,51 \frac{Tn_{Etanol}}{d}$$

$$\dot{v}_{Agua} = 27.573,04 \frac{L_{Agua}}{d}$$

$$\dot{m}_{Agua} = 27.573,04 \frac{L_{Agua}}{d} \times 10^{-3} \frac{Tn}{L} = 27,57 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

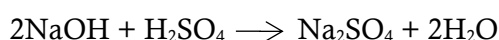
Los restos de solución de ácido sulfúrico que acompañan al sólido húmedo también aportarán agua:

$$\dot{m}_{Agua (\acute{a}c 0,1 M)} = 2.810 \frac{kg_{\acute{a}c 0,1 M}}{d} - 281 \frac{moles_{H_2SO_4}}{d} \times 0,098 \frac{kg_{H_2SO_4}}{mol_{H_2SO_4}} = 2.782,46 \frac{kg_{Agua}}{d}$$

$$\dot{m}_{Agua \text{ neta}} = \dot{m}_{Agua} - \dot{m}_{Agua (NaOH 50\%)} - \dot{m}_{Agua (\acute{a}c 0,1 M)} = 24,32 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

Por lo tanto, la solución de etanol deberá estar compuesta por 46,93% etanol y 53,07% agua en peso para tener en cuenta el aporte de agua de las soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.

Debido a la neutralización del ácido sulfúrico se generará Na_2SO_4 y agua según:



$$\dot{m}_{Na_2SO_4} = 562 \frac{Eq_{Na_2SO_4}}{d} \times 71 \times 10^{-3} \frac{kg_{Na_2SO_4}}{Eq} = 39,90 \frac{kg_{Na_2SO_4}}{d}$$

$$\dot{m}_{Agua} = 562 \frac{Eq_{Agua}}{d} \times 18 \times 10^{-3} \frac{kg_{Agua}}{Eq} = 10,12 \frac{kg_{Agua}}{d}$$

El objetivo de esta etapa es la extracción de lignina insoluble en ácido de la cáscara pre-tratada. El rendimiento de la operación es 90%. A partir de la cantidad de lignina presente en la cáscara de arroz pre-tratada, calculamos el caudal de lignina insoluble en ácido que pasará a la solución de etanol.

$$\dot{m}_L = 4,12 \frac{Tn_L}{d} \times 0,90 = 3,71 \frac{Tn_L}{d}$$

3.2.4. Centrifugación 2

A esta etapa ingresará una corriente de 66,39 toneladas diarias formada por una corriente líquida de 53,74 toneladas por día con la siguiente composición:

Componente	Caudal (Tn/d)
Agua	27,58
Etanol	21,51
Lignina insoluble en ácido	3,73
NaOH	0,44

Tabla N° 6: Composición principal de la corriente de líquida de entrada a la Centrifugación 2

Para el caudal de agua se tuvo en cuenta el agua generada por la reacción de neutralización (10,12 kg/d). Los componentes que se encuentran en menor cantidad son:

Componente	Caudal (kg/d)
Na ₂ SO ₄	40
Hemicelulosa	180
Lignina soluble en ácido	20
Compuestos inorgánicos	80
Otros (extractos, ceras y gomas)	160

Tabla N° 7: Componentes minoritarios de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación 2.

En esta corriente líquida se encuentran los componentes de la fracción líquida que acompañaba al sólido luego de la Centrifugación 1. Por lo tanto, el caudal de lignina insoluble es la suma de la lignina solubilizada en la deslignificación y parte de la lignina insoluble que había sido solubilizada en el pre-tratamiento (pérdida de 10% de lignina).

La corriente sólida será de 12,65 toneladas por día y estará formada por la cáscara de arroz pre-tratada con menor contenido de lignina insoluble debido a su extracción en la mezcla de etanol.

$$\dot{m}_{\text{sólido}} = \dot{m}_{\text{CPT}} - \dot{m}_L = 16,36 \frac{Tn_{\text{CPT}}}{d} - 3,71 \frac{Tn_L}{d} = 12,65 Tn_{\text{sólido}}$$

Por lo tanto, el contenido de sólidos será de 19%. El objetivo es separar este sólido para continuar el proceso con la corriente líquida donde se encuentra la lignina de interés. Para ello, se realizará una centrifugación donde se supone una pérdida de lignina y el resto de los componentes de la corriente líquida de 5% y una evaporación del 10% del etanol presente. A partir de esto, la corriente líquida a la salida de la centrifugación será de 49,98 toneladas diarias.

$$\dot{m}_{\text{Corriente líquida}} = \left(53,74 \frac{Tn}{d} - 21,51 \frac{Tn}{d} \right) \times 0,95 + 0,90 \times 21,51 \frac{Tn}{d} = 49,98 \frac{Tn}{d}$$

Componente	Caudal (Tn/d)
Agua	26,20
Etanol	19,36
Lignina insoluble en ácido	3,54
NaOH	0,42

Tabla N° 8: Composición principal de la corriente líquida de salida de la Centrifugación 2.

Componente	Caudal (kg/d)
Na ₂ SO ₄	38
Hemicelulosa	171
Lignina soluble en ácido	19
Compuestos inorgánicos	76
Otros (extractos, ceras y gomas)	152

Tabla N° 9: Componentes minoritarios de la corriente líquida de salida de la Centrifugación 2

La diferencia entre la entrada y salida líquida menos el 10% de etanol evaporado, dará 1,609 toneladas diarias, siendo este el contenido de humedad del sólido a descartar, es decir que tendrá un contenido de humedad de 11,28%. Esta corriente sólida tendrá la siguiente composición, donde se observa la reducción en la cantidad de la lignina insoluble debido a la deslignificación:

Componente	Caudal (kg/d)	Porcentaje (%)
Celulosa	9.056,90	71,60
Lignina insoluble	412,40	3,26
Compuestos inorgánicos	2.317,50	18,32
Otros (extractos, ceras y gomas)	596,70	4,72
Grupos acetilo	266,40	2,10

Tabla N° 10: Composición de la corriente sólida de desecho a la salida de la Centrifugación 2.

Esta corriente puede ser lavada para eliminar los compuestos inorgánicos y obtener una concentración de celulosa de 87,70%. Se almacenará para ser vendida a las industrias papeleras.

3.2.5. Primera evaporación de etanol

Se alimenta la corriente líquida antes detallada, 49,98 toneladas por día, a un evaporador para eliminar el etanol presente. Esta operación tendrá dos salidas: por un lado, los vapores de etanol que se recuperarán por condensación, y por el otro, la corriente líquida compuesta principalmente por solución de NaOH diluida, lignina insoluble en ácido y parte del etanol no evaporado. Esta corriente luego pasará a una segunda etapa de evaporación para recuperar parte del etanol de la misma.

Componente	Caudal (Tn/d)
Agua	26,20
Etanol	9,68
Lignina insoluble en ácido	3,54
NaOH	0,42

Tabla N° 11: Composición principal de la corriente de salida de la Evaporación.

Se supone un rendimiento del 50% en la evaporación por lo que el caudal de etanol obtenido por cabeza será:

$$\dot{m}_{v \text{ Etanol}} = 0,50 \times 19,36 \frac{Tn}{d} = 9,68 \frac{Tn}{d}$$

3.2.6. Segunda evaporación del etanol

Del primer evaporador se obtienen dos corrientes, una que es conducida directamente al condensador y otra que contiene solución de NaOH, lignina insoluble en ácido y parte del etanol. Esta corriente será ingresada a un segundo evaporador, el cual tendrá un rendimiento del 83% el cual nos permite recuperar el siguiente caudal de etanol:

$$\dot{m}_{v \text{ Etanol}} = 0,83 \times 9,68 \frac{Tn}{d} = 8,03 \frac{Tn}{d}$$

De esta manera, la corriente de salida del evaporador tendrá la siguiente composición:

Componente	Caudal (Tn/d)
Agua	26,2
Etanol	1,7
Lignina insoluble en ácido	3,54
NaOH	0,42

Tabla N° 12: Composición de la corriente de salida del segundo evaporador.

3.2.7. Condensación del etanol

Como se mencionó anteriormente, a esta etapa llegarán las corrientes de etanol de los dos evaporadores y condensarán para luego recircularse al proceso. Dado que del primer evaporador se recuperan 9,68 Tn/d y del segundo 8,03 Tn/d, la masa total de etanol recirculada será de 17,71 Tn/d. Teniendo en cuenta que se requieren 21,51 Tn/d de etanol para el proceso, se calcula la cantidad de etanol neta que debe reponerse:

$$m_{\text{etanol neta}} = m_{\text{etanol}} - m_{\text{etanol recirculado}} = 21,51 \frac{Tn}{d} - 17,71 \frac{Tn}{d} = 3,80 \frac{Tn}{d}$$

Por lo tanto, deberán reponerse constantemente 3,80 Tn/d de etanol al proceso.

3.2.8. Precipitación de lignina

Como se detalló previamente, la corriente líquida debe acidificarse hasta un pH igual a 3 aproximadamente. Se realizará mediante el agregado de solución de ácido sulfúrico 50% p/p empleando un mezclador estático en línea. La concentración de ácido puede conocerse a partir del pH:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3} M$$
$$[H_2SO_4] = 10^{-3} \frac{mol_{H_3O^+}}{L} \times \frac{1 mol_{H_2SO_4}}{2 mol_{H_3O^+}} = 5 \times 10^{-4} M$$

Se calculará el caudal de ácido requerido en dos partes. Primero, se calcula el caudal necesario para la neutralización del NaOH.

$$\dot{Eq}_{NaOH} = 0,42 \frac{Tn_{NaOH}}{d} \times \frac{1}{4 \times 10^{-5} Tn_{NaOH}} \frac{Eq}{d} = 10.500 \frac{Eq}{d}$$

$$\dot{m}_{H_2SO_4} = 10.500 \frac{Eq}{d} \times \frac{4,9 \times 10^{-5} Tn_{H_2SO_4}}{1 Eq} = 0,52 \frac{Tn_{H_2SO_4}}{d}$$

Se formará agua y Na_2SO_4 en las siguientes cantidades.

$$\dot{m}_{Agua} = 10.500 \frac{Eq}{d} \times 1,8 \times 10^{-5} \frac{Tn}{Eq} = 0,19 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

$$\dot{m}_{Na_2SO_4} = 10.500 \frac{Eq}{d} \times 7,1 \times 10^{-5} \frac{Tn}{Eq} = 0,75 \frac{Tn_{Na_2SO_4}}{d}$$

$$\dot{m}_{Na_2SO_4 \text{ total}} = 0,75 \frac{Tn_{Na_2SO_4}}{d} + 0,04 \frac{Tn_{Na_2SO_4}}{d} = 0,79 \frac{Tn_{Na_2SO_4}}{d}$$

Los componentes principales de la mezcla serán:

Componente	Caudal (Tn/d)
Agua	26,39
Lignina insoluble en ácido	3,54
Na_2SO_4	0,79

Tabla N° 13: Composición de la mezcla previa a Acidificación.

Luego, se calcula el caudal de ácido sulfúrico para lograr una concentración de $5 \times 10^{-4} M$. Para ello, se necesita conocer el caudal volumétrico de la mezcla. La densidad de la mezcla se calcula empleando la siguiente ecuación, considerando sólo los componentes primarios indicados en la Tabla N° 13.

$$\rho_{mezcla} = \frac{100}{\frac{\%_{solución Na_2SO_4}}{\rho_{solución Na_2SO_4}} + \frac{\%_{lignina}}{\rho_{lignina}}} = \frac{100}{\frac{88,48\%}{1 \frac{g}{ml}} + \frac{11,52\%}{1,4 \frac{g}{ml}}} = 1,03 \frac{g}{ml}$$

El caudal másico de la mezcla es la suma de los caudales de las Tabla N° y Tabla N° 9.

$$\dot{v}_{mezcla} = 31,18 \frac{Tn_{mezcla}}{d} \times \frac{1}{1,03 \times 10^{-3} Tn} \frac{L}{d} = 30.271,84 \frac{L}{d}$$

$$\dot{m}_{H_2SO_4} = 5 \times 10^{-4} \frac{mol}{L} \times \frac{9,8 \times 10^{-2} kg}{1 mol} \times 30.271,84 \frac{L}{d} = 1,48 \frac{kg_{H_2SO_4}}{d}$$

Finalmente, el caudal total de ácido sulfúrico necesario será:

$$\dot{m}_{H_2SO_4 \text{ total}} = 521,48 \frac{kg}{d}$$

El caudal de solución de ácido sulfúrico 98% p/p será:

$$\dot{m}_{H_2SO_4 \text{ 98\%}} = 521,48 \frac{kg_{H_2SO_4}}{d} \times \frac{1}{0,98} \frac{kg_{H_2SO_4 \text{ 98\%}}}{kg_{H_2SO_4}} = 532,12 \frac{kg_{H_2SO_4 \text{ 98\%}}}{d}$$

De donde:

$$\dot{m}_{Agua} = 532,12 \frac{kg_{H_2SO_4 \text{ 98\%}}}{d} \times \frac{0,02 kg_{Agua}}{1 kg_{H_2SO_4 \text{ 98\%}}} = 10,64 \frac{kg_{Agua}}{d}$$

Se considerará un rendimiento de la operación de 95%, por lo tanto, el caudal de lignina precipitada será:

$$\dot{m}_{L \text{ precipitada}} = 3,54 \frac{Tn_L}{d} \times 0,95 = 3,36 \frac{Tn_{L \text{ precipitada}}}{d}$$

La composición de la salida será:

Componente	Caudal (Tn/d)	Porcentaje (%)
Agua	26,40	79,1
Etanol	1,7	5,1
Lignina insoluble en ácido precipitada	3,36	10,1
Na ₂ SO ₄	0,79	2,4
H ₂ SO ₄	0,52	1,6
Otros componentes	0,42	1,3
Lignina insoluble en ácido (en solución)	0,18	0,5

Tabla N° 14: Composición de la corriente de salida de la Precipitación.

3.2.9. Centrifugación 3

Para separar la lignina precipitada de la corriente líquida se empleará nuevamente una centrifugación. Se considerará, como se indicó previamente, una pérdida de lignina precipitada del 5% y un contenido de humedad del sólido del 30%. El caudal a separar es de 30 toneladas por día de líquido y 3,36 toneladas por día de lignina, es decir 10% de sólidos en la corriente.

Componente	Caudal (Tn/d)	Porcentaje (%)
Agua	26,40	88
Etanol	1,7	5,7
Na ₂ SO ₄	0,79	2,6
H ₂ SO ₄	0,52	1,7
Otros componentes	0,42	1,4
Lignina insoluble en ácido (en solución)	0,18	0,6

Tabla N° 15: Composición de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación 3.

Caudal de lignina obtenido a la salida de la Centrifugación:

$$\dot{m}_L = 3,36 \frac{Tn_L}{d} \times 0,95 = 3,19 \frac{Tn_L}{d}$$

La porción de líquido que acompañará al sólido y su composición serán:

$$\dot{m}_{Fracción\ líquida} = 3,19 \frac{Tn_L}{d} \times 0,30 = 1 \frac{Tn_{Fracción\ líquida}}{d}$$

Componente	Caudal (kg/d)
Agua	694,92
Na ₂ SO ₄	20,80
H ₂ SO ₄	13,69
Otros componentes	11,06
Lignina insoluble en ácido (en solución)	4,74

Tabla N° 16: Composición de la fracción líquida que acompaña a la lignina obtenida.

Se considera que el etanol presente en el sólido se evapora por acción de la centrifugación. Es decir que la lignina final tendrá un 29,23% de humedad y 1,92 % de impurezas.

$$\dot{m}_{L_h} = 3,19 \frac{Tn_L}{d} + 0,69 \frac{Tn_{Agua}}{d} = 4,12 \frac{Tn_{L_h}}{d}$$

El efluente líquido tendrá la siguiente composición:

Componente	Caudal (kg/d)
Agua	25.705,08
Etanol	1727,9
Na₂SO₄	769,21
H₂SO₄	506,31
Otros componentes	408,94
Lignina insoluble en ácido (en solución)	175,26
Lignina insoluble en ácido precipitada (pérdida)	170

Tabla N° 17: Composición del efluente a la salida de la Centrifugación 3.

4. Modificación de almidón de maíz

Diariamente se necesitarán 12,73 toneladas de almidón modificado.

$$\dot{m}_{AM} = 10.500 \frac{Tn}{año} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{0,40 Tn_{AM}}{1 Tn_{PB}} = 12,73 \frac{Tn_{AM}}{d}$$

A continuación, se muestra un diagrama de bloques del proceso de modificación de almidón.

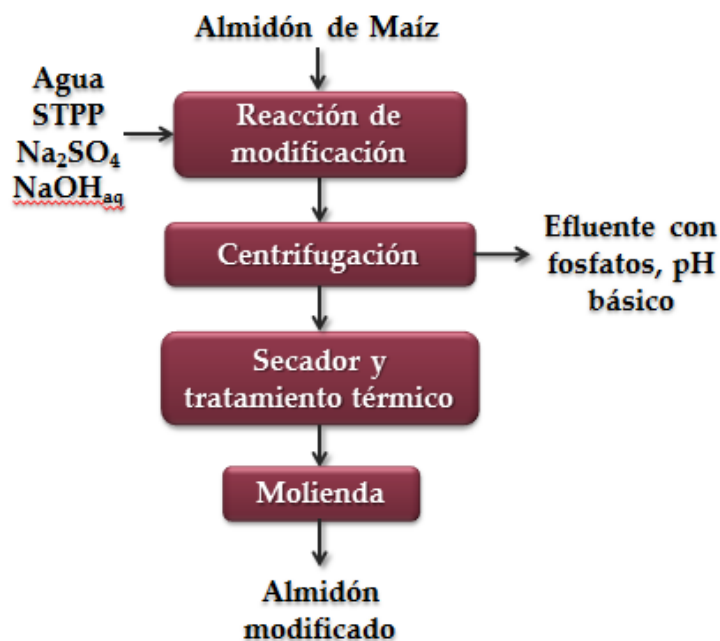


Figura N° 2: Diagrama de bloques. Modificación de Almidón.

En la etapa final de tratamiento térmico no hay variaciones en el caudal de almidón modificado obtenido, por lo que no es necesario considerarla en el análisis inicial.

4.1. Balances de masa de corrientes principales

4.1.1. Centrifugación

En esta operación el objetivo es separar la masa de almidón modificado del líquido. Se considerará una pérdida de almidón modificado del 2% por disolución en la solución acuosa, por lo que el caudal másico previo a la centrifugación es:

$$\dot{m}_{AM} = 12,73 \frac{Tn_{AM}}{d} \times 1,02 = 12,99 \frac{Tn_{AM}}{d}$$

4.1.2. Reacción de entrecruzamiento

En esta etapa, al almidón nativo sufre un proceso de entrecruzamiento donde son sustituidos los átomos de hidrógeno por grupos fosfato. Para conocer el caudal de almidón nativo debe restarse al almidón modificado los grupos fosfato y sumarle los átomos de hidrógeno. Se sabe a partir de publicaciones científicas que el contenido de fósforo incorporado en el almidón modificado es de 0,22%, con lo que calculamos la cantidad de fósforo que representa.

$$\dot{m}_P = 12,99 \frac{Tn_{AM}}{d} \times \frac{0,0022}{1} \frac{Tn_P}{Tn_{AM}} = 0,029 \frac{Tn_P}{d} = 29 \frac{kg_P}{d}$$

Considerando que el fósforo se encuentra contenido en el ión $(PO_4Na)^{2-}$ que actúa de unión entre las cadenas de almidón, se calcula el caudal másico que representa:

$$\dot{m}_{(PO_4Na)^{2-}} = 0,029 \frac{Tn_P}{d} \times \frac{118 Tn_{(PO_4Na)^{2-}}}{31 Tn_P} = 0,11 \frac{Tn_{(PO_4Na)^{2-}}}{d}$$

La relación con respecto a los moles de hidrógeno sustituidos es 2:1, por lo tanto, podemos conocer la masa que representan estos moles de hidrógeno.

$$\dot{N}_{(PO_4Na)^{2-}} = 0,11 \frac{Tn_{(PO_4Na)^{2-}}}{d} \times \frac{1 \text{ kmol}}{118 \text{ kg}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Tn}} = 9,32 \times 10^{-4} \frac{\text{kmol}_{(PO_4Na)^{2-}}}{d}$$

$$\dot{N}_H = 9,32 \times 10^{-4} \frac{\text{kmol}_{(PO_4Na)^{2-}}}{d} \times \frac{2 \text{ kmol}_H}{1 \text{ kmol}_{(PO_4Na)^{2-}}} = 0,0019 \frac{\text{kmol}_H}{d}$$

$$\dot{m}_H = 0,0019 \frac{\text{kmol}_H}{d} \times \frac{18 \text{ kg}}{1 \text{ kmol}_H} = 0,034 \frac{kg_H}{d}$$

Dado que el caudal másico de hidrógeno es muy pequeño, no será tenido en cuenta en la determinación del caudal de almidón nativo:

$$\begin{aligned} \dot{m}_A &= \dot{m}_{AM} - \dot{m}_{(PO_4Na)^{2-}} + \dot{m}_H \\ \dot{m}_A &= 12,99 \frac{Tn_{AM}}{d} - 0,11 \frac{Tn_{(PO_4Na)^{2-}}}{d} = 12,88 \frac{Tn_A}{d} \end{aligned}$$

Finalmente, el almidón de maíz nativo es vendido con un máximo de 14% de humedad, pero lo habitual es un contenido de humedad del 12%, por lo tanto, se requerirán 14,43 toneladas diarias de almidón de maíz comercial.

$$\dot{m}_{A_h} = 12,88 \frac{Tn_A}{d} \times 1,12 = 14,43 \frac{Tn_{A_h}}{d}$$

Se tendrá un almacenamiento de almidón de 100 toneladas en dos silos de 50 toneladas para cubrir el abastecimiento de 7 días de producción.

4.2. Balances de masa de corrientes secundarias

4.2.1. Reacción de entrecruzamiento

Según las publicaciones de investigación, las proporciones y los reactivos a mezclar serán los que se detallan a continuación:

- Almidón y agua en igual proporción
- STPP y Na₂SO₄ en igual proporción

A partir de la masa inicial de almidón de maíz, se calculan los caudales de reactivos requeridos.

$$\dot{m}_{Agua} = \dot{m}_A = 12,88 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

Dado que el almidón comercial aporta 1,55 toneladas de agua por día, el agua neta requerida será:

$$\dot{m}_{Agua\ neta} = \dot{m}_{Agua} - (\dot{m}_{A_h} - \dot{m}_A) = 11,33 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

Como se indicó previamente, el STPP es incorporado como grupos fosfato que unen las cadenas de almidón. Por lo tanto, a partir de la reacción propuesta, sabiendo que se incorporan al almidón 29 kg de fósforo por día y dado que por cada grupo fosfato que forma el almidón modificado, se consume un mol de STPP:

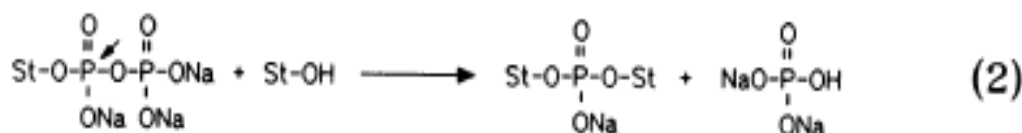
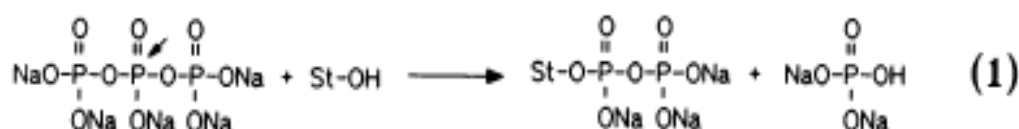


Figura N° 3: Reacción de entrecruzamiento de almidón (St) con STPP.

$$\dot{m}_{STPP\ consumido} = 29 \frac{kg_P}{d} \times \frac{368\ g_{STPP}}{31\ g_P} = 344,26 \frac{kg_{STPP}}{d}$$

$$\dot{m}_{Na_2SO_4} = \dot{m}_{STPP} = 344,26 \frac{kg_{Na_2SO_4}}{d}$$

$$\dot{m}_{mezcla} = \dot{m}_A + \dot{m}_{Agua} + \dot{m}_{STPP} + \dot{m}_{Na_2SO_4} = 26,45 \frac{Tn_{mezcla}}{d}$$

Como se indicó en el Capítulo V de Descripción del proceso, el pH debe llevarse y mantenerse en 10 con solución de NaOH. Para conocer el caudal de solución de NaOH requerido se utilizaron los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio. Allí, se obtuvo que para 231,11 g de mezcla se consumieron 4,8 ml de solución 1N de NaOH.

$$\dot{N}_{NaOH} = 1 \frac{mol_{NaOH}}{L} \times 4,8 \text{ ml} \times \frac{1}{1000 \text{ ml}} \times 26,45 \frac{Tn_{mezcla}}{d} \times \frac{1}{231,11 \text{ g}_{mezcla}} \times \frac{10^6 \text{ g}}{1 \text{ Tn}} = 549,35 \frac{mol_{NaOH}}{d}$$

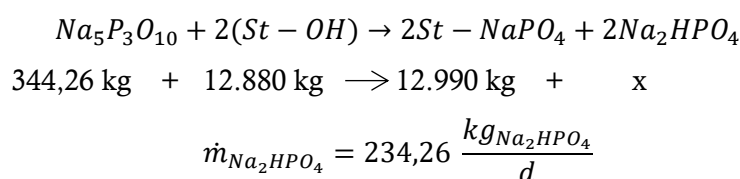
$$\dot{m}_{NaOH} = 549,35 \frac{mol_{NaOH}}{d} \times 0,04 \frac{kg_{NaOH}}{mol} = 21,97 \frac{kg}{d}$$

Si empleamos una solución de NaOH 50% p/p, el caudal requerido será:

$$\dot{m}_{NaOH \text{ 50\%}} = 21,97 \frac{kg_{NaOH}}{d} \times \frac{2 \text{ kg}_{solución \text{ 50\%}}}{1 \text{ kg}_{NaOH}} = 43,95 \frac{kg_{solución \text{ 50\%}}}{d}$$

$$\dot{v}_{NaOH \text{ 50\%}} = 43,95 \frac{kg_{solución \text{ 50\%}}}{d} \times \frac{1000 \text{ L}}{1525 \text{ kg}} = 28,82 \frac{L}{d}$$

A su vez, se forman 2 moles de fosfato disódico. Debido a que este fosfato se genera a partir del STPP consumido, el caudal puede conocerse por balance de masa de la reacción:



4.2.2. Centrifugación

A esta etapa ingresará una corriente de 26,47 toneladas formada por:

Componente	Caudal (kg/d)
Almidón modificado	12.990
Agua	12.880
Na ₂ SO ₄	344,26
Na ₂ HPO ₄	234,26
NaOH	21,97

Tabla N° 18: Composición de la corriente de entrada a la Centrifugación.

La pérdida de almidón modificado por disolución es de 2%, por lo que la corriente de almidón modificado a la salida de la Centrifugación es 12,73 Tn/d. Se considera que posee un contenido de humedad del 30%, por lo tanto, el producto final es:

$$\dot{m}_{AM_h} = 12,73 \frac{Tn_{AM}}{d} \times 1,30 = 16,55 \frac{Tn_{AM_h}}{d}$$

Componente	Caudal (kg/d)	Porcentaje (%)
Agua	12.880	95,55
Na ₂ SO ₄	344,26	2,55
Na ₂ HPO ₄	234,26	1,74
NaOH	21,97	0,16

Tabla N° 19: Composición de la corriente líquida de entrada a la Centrifugación

La fracción líquida en el sólido es de 3,82 Tn/d. Esta fracción de humedad estará compuesta por:

Componente	Caudal (kg/d)
Agua	3650
Na ₂ SO ₄	97,41
Na ₂ HPO ₄	66,47
NaOH	6,11

Tabla N° 20: Composición de la fracción de líquido presente en el sólido

El efluente líquido de esta etapa será de 9.660,50 kg/d y tendrá la siguiente composición:

Componente	Caudal (kg/d)
Agua	9.230
Na ₂ SO ₄	246,85
Na ₂ HPO ₄	167,79
NaOH	15,86

Tabla N° 21: Composición de la corriente líquida a la salida de la Centrifugación.

4.2.3. Secado y tratamiento térmico

Finalmente, el almidón modificado es secado y calentado hasta 130°C, con lo cual el contenido de humedad es reducido de 30% a 10%. El caudal de almidón modificado con 10% de humedad que sale del tratamiento es:

$$\dot{m}_{AM} = 12,73 \frac{Tn_{AM}}{d} \times 1,10 = 14 \frac{Tn_{AMf}}{d}$$

Este producto también contendrá impurezas, por lo que el producto final será de 14,17 Tn/d, siendo las mismas un 1,20 % del total. La composición se muestra en la siguiente tabla:

Impurezas	Caudal (kg/d)
Na ₂ SO ₄	97,41
Na ₂ HPO ₄	66,47
NaOH	6,11

Tabla N° 22: Composición de las impurezas del almidón modificado.

El caudal de agua que acompaña al producto será de 1.270 kg/d.

$$\dot{m}_{Agua} = 14 \frac{Tn_{AMf}}{d} - 12,73 \frac{Tn_{AM}}{d} = 1,27 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

5. Glicerina

La cantidad de glicerina requerida diariamente será de:

$$\dot{m}_G = 10.500 \frac{Tn_{PB}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{0,20 Tn_G}{1 Tn_{PB}} = 6,36 \frac{Tn_G}{d}$$

Dado que emplearemos la glicerina cruda obtenida en el proceso de fabricación de biodiesel, se requerirán 7,95 toneladas por día:

$$\dot{m}_{G\ 80\%} = 6,36 \frac{Tn_G}{d} \times \frac{1}{0,80} = 7,95 \frac{Tn_{G\ 80\%}}{d}$$

Se tendrá un almacenamiento de glicerina para abastecer el proceso por 7 días, lo que representa 55,65Tn de glicerina. Su densidad es de 1,21Tn/m³, por lo tanto, equivale a un volumen de 45,99 m³.

6. Formación del polímero biodegradable

Esta etapa implica el mezclado de los productos intermedios obtenidos con agua y glicerina cruda. Esto será llevado a cabo en una extrusora de doble tornillo. Para conocer el caudal de agua a alimentar, deben restarse los aportes de agua de los productos intermedios. El caudal de agua para la formación del polímero representa el 30% del producto final, por lo tanto:

$$\dot{m}_{Agua\ total} = 10.500 \frac{Tn_{PB}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{0,30 Tn_{Agua}}{1 Tn_{PB}} = 9,55 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

$$\dot{m}_{Agua} = \dot{m}_{Agua\ total} - \dot{m}_G \times 0,11 - \dot{m}_{AM} \times 0,10 - \dot{m}_L \times 0,29$$

$$\dot{m}_{Agua} = 9,55 \frac{Tn_{Agua}}{d} - 7,95 \frac{Tn_G}{d} \times 0,11 - 12,73 \frac{Tn_{AM}}{d} \times 0,10 - 3,19 \frac{Tn_L}{d} \times 0,29 = 6,48 \frac{Tn_{Agua}}{d}$$

A continuación, se muestran los caudales de todos los productos intermedios:

Componente	Caudal (kg/d)
Almidón modificado	12.730
Agua	9.550
Glicerina	6.360
Lignina	3.190

Tabla N° 23: Componentes puros para la formación de polímero biodegradable.

Estos componentes tendrán impurezas indicadas previamente, por lo tanto, la composición de las impurezas presentes en el polímero será la siguiente:

	Impurezas	Caudal (kg/d)
Almidón modificado	Na ₂ SO ₄	97,41
	Na ₂ HPO ₄	66,47
	NaOH	6,11
Lignina	Na ₂ SO ₄	27,40
	H ₂ SO ₄	18
	Otros componentes	14,60
Glicerina cruda	Cenizas	357,75
	Materia orgánica no glicerinosa	47,70

Tabla N° 24: Impurezas presentes en el polímero biodegradable.

La producción final será de 32,45 toneladas diarias de polímero biodegradable con una pureza del 98% y un 2% de impurezas aproximadamente.

7. Balances de energía

A continuación, se detallan los requerimientos energéticos de los procesos de producción.

7.1. Obtención de lignina

Se presenta un diagrama de bloques donde se indican las operaciones que involucran transferencia de calor.

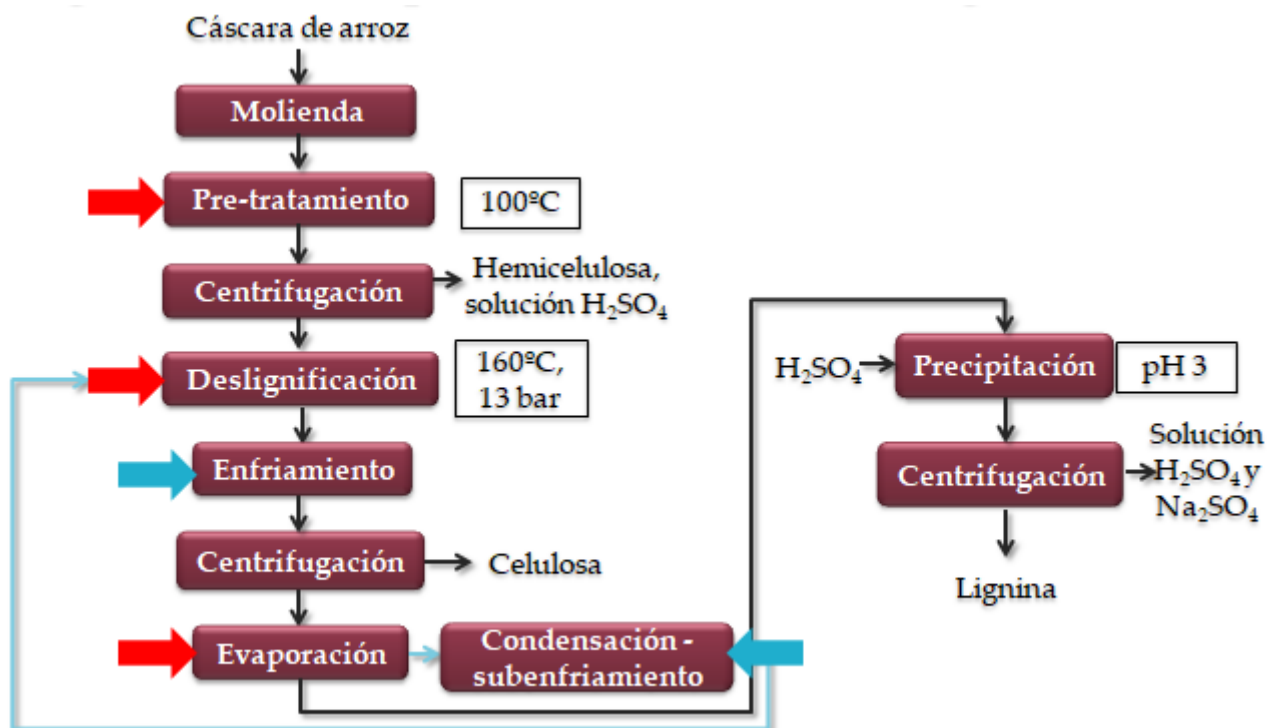


Figura N° 4: Diagrama de bloques. Obtención de Lignina.

7.1.1. Pre-tratamiento

Las sustancias involucradas en esta etapa son cáscara de arroz y solución de ácido sulfúrico 0,1 M. La mezcla deberá ser calentada hasta los 100°C. Se utilizará un reactor agitado continuo con calentamiento por camisa. La ecuación para el cálculo de la energía calorífica requerida es:

$$\dot{Q}_{Pre-tratamiento} = (\dot{m}_{H_2SO_4\ 0,1\ M} \times cp_{H_2SO_4\ 0,1\ M} + \dot{m}_{Cáscara} \times cp_{Cáscara}) \times (T_f - T_i)$$

Contamos con los siguientes datos:

Componente	Caudal (kg/h)	Calor específico (kJ/kg.°C)
Solución ácido sulfúrico 0,1 M	2.726,25	4,18
Cáscara de arroz	1.168,33	1,85

Tabla N° 25: Datos caloríficos de los componentes en el Pre-tratamiento.

El calor específico de la cáscara de arroz se tomó como el promedio de calor específico para la madera (1,30-2,40 kJ/kg.°C) por su composición similar. El calor específico de la solución de ácido sulfúrico se supuso igual al del agua líquida ya que la concentración de ácido es muy baja.

La temperatura inicial se considera como 25°C y la temperatura final será 100°C.

$$\dot{Q} = \left(2.726,25 \frac{kg_{H_2SO_4 0,1 M}}{h} \times 4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} + 1.168,33 \frac{kg_{cáscara}}{h} \times 1,85 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \right) \times (100 - 25)^{\circ}C$$

$$\dot{Q} = 1.016,79 \frac{MJ}{h}$$

Se empleará vapor de agua saturado a 5bar (152°C) para calentar la mezcla hasta los 100°C. A partir de la energía requerida calcularemos el caudal de vapor necesario. Se considera que todo el vapor es condensado en el proceso.

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{\dot{Q}}{\lambda_{(152^{\circ}C, 5 bar)}} = \frac{1.016,79 \frac{MJ}{h}}{2.107,92 \times 10^{-3} \frac{MJ}{kg}} = 482,37 \frac{kg}{h}$$

7.1.2. Deslignificación

En esta etapa, la mezcla debe ser calentada hasta 160°C. Las sustancias presentes en esta etapa son:

Componente	Caudal (kg/h)	Porcentaje (%)
Agua	1.149,17	41,55
Etanol	896,25	32,40
Cáscara de arroz pre-tratada	681,67	24,64
NaOH	18,38	0,66
Hemicelulosa	7,50	0,27
Otros (extractos, ceras y gomas)	6,67	0,24
Compuestos inorgánicos	3,33	0,12
Na ₂ SO ₄	1,66	0,06
Lignina insoluble en ácido	0,83	0,03
Lignina soluble en ácido	0,83	0,03

Tabla N° 26: Composición de la mezcla en la Deslignificación.

En el caudal de agua se considera el agua aportada por el etanol al 50% y el agua generada por la neutralización del ácido sulfúrico proveniente del pre-tratamiento. Se considera que la neutralización es instantánea, por eso

se tiene en cuenta el sulfato de sodio y el agua generados para el cálculo. No se considerarán en los cálculos los componentes cuya proporción en la mezcla es menor al 1%.

A continuación, se presenta la ecuación empleada en el cálculo de la energía requerida para elevar la temperatura hasta 160°C y los datos de las sustancias. Se empleará nuevamente el calor específico promedio de la madera como el de la cáscara de arroz. Las sustancias permanecen en su fase líquida debido a la presión y la cáscara, sólida. Se considera que la temperatura inicial será de 60°C, suponiendo un descenso de 40°C durante la Centrifugación previa. Se muestran los valores de calor específico para el agua y el etanol a presiones cercanas a 13 bar y a 160°C.

$$\dot{Q}_{\text{Calentamiento}} = (\dot{m}_{\text{Agua}} \times cp_{\text{Agua}} + \dot{m}_{\text{Etanol}} \times cp_{\text{Etanol}} + \dot{m}_{\text{Cáscara}} \times cp_{\text{Cáscara}}) \times (T_f - T_i)$$

Componente	Caudal (kg/h)	Calor específico (kJ/kg.°C)
Agua	1.149,17	4,34
Etanol	896,25	4
Cáscara de arroz pre-tratada	681,67	1,85

Tabla N° 27: Composición principal de la mezcla en la Deslignificación.

$$\dot{Q}_{\text{Calentamiento}} = 983,35 \frac{MJ}{h}$$

Se utilizará fluido térmico para el calentamiento de la mezcla. Se selecciona el fluido Dowtherm RP que puede ser utilizado a una temperatura máxima de 350°C. Se considerará una temperatura de entrada del aceite térmico de 250°C y una temperatura de salida de 200°C. El salto térmico no debe ser mayor a 50°C debido a los cambios que podría sufrir el aceite en su estructura y las variaciones que estos generarían en sus propiedades.

$$\dot{m}_{\text{Fluido térmico}} = \frac{-\dot{Q}_{\text{Calentamiento}}}{cp \times (T_s - T_e)}$$

El calor específico del fluido Dowtherm RP a la temperatura de entrada es 2,305 kJ/kg°C, por lo tanto, el caudal de fluido será:

$$\dot{m}_{\text{Fluido térmico}} = \frac{-983,35 \times 10^3 \frac{kJ}{h}}{2,305 \frac{kJ}{kg^\circ C} \times (200 - 250)^\circ C} = 8.532,32 \frac{kg}{h}$$

Este caudal será recirculado a la camisa luego de ser calentado nuevamente en una caldera.

7.1.3. Enfriamiento

Luego de transcurrida la reacción, la mezcla debe ser enfriada para poder disminuir la presión desde 13 bar hasta la presión atmosférica sin producir la evaporación de la mezcla. A los 70°C la mezcla es líquida a presión atmosférica, pero para asegurar esto, se enfriará la misma hasta los 60°C. A continuación, se listan los principales componentes de la mezcla una vez finalizada la reacción. En el caudal de lignina insoluble en ácido que se extrae se tiene en cuenta la lignina insoluble en fase líquida que acompaña a la cáscara pre-tratada al ingresar al reactor (0,83 kg/h).

Componente	Caudal (kg/h)	Calor específico (kJ/kg°C)
Agua	1.149,17	4,18
Etanol	896,25	2,44
Cáscara de arroz pre-tratada	527,09	1,85
Lignina insoluble en ácido	155,41	0,18

Tabla N° 28: Composición principal de la mezcla al finalizar la Deslignificación.

El calor específico de la lignina se obtiene de los siguientes gráficos (e y f) de la publicación científica Thybring, E. (2014). Explaining the heat capacity of wood constituents by molecular vibrations. Journal of MaterialsScience.49. 1317-1327. DOI: 10.1007/s10853-013-7815-6, asumiendo que será el mismo a pesar de ser distinta la forma de extracción de lignina:

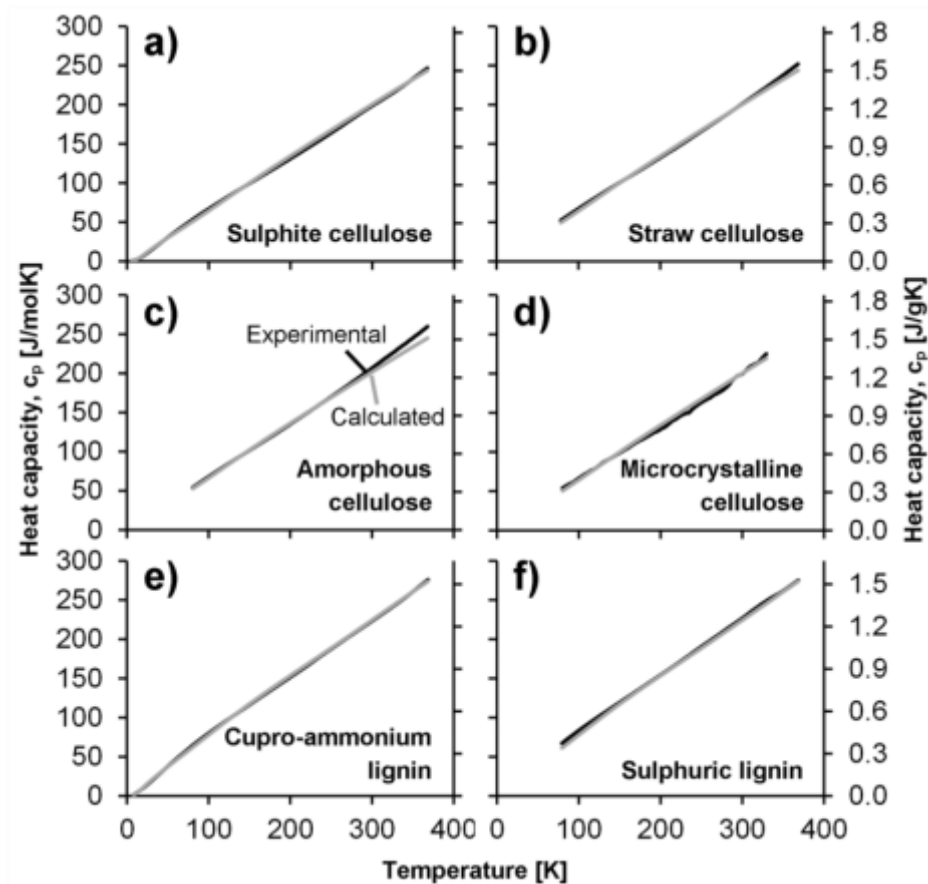
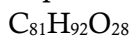


Figura N° 5: Gráficos de calor específico calculado y experimental para distintos compuestos¹.

El peso molecular de la lignina Organosolv se obtuvo de la página PubChem:



PM=1.513,60 g/mol

A partir de esto, calculamos el calor específico en las unidades convenientes.

$$cp_{Lignina} = 275 \frac{J}{molK} \times \frac{1 \text{ mol}}{1,51 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 0,18 \frac{kJ}{kgK}$$

La ecuación empleada en el cálculo es:

$$\dot{Q} = (\dot{m}_{Agua} \times cp_{Agua} + \dot{m}_{Etanol} \times cp_{Etanol} + \dot{m}_{Cáscara} \times cp_{Cáscara} + \dot{m}_L \times cp_L) \times (T_f - T_i)$$

$$\dot{Q} = 7.993,47 \frac{kJ}{h^{\circ}C} \times (60 - 160)^{\circ}C$$

$$\dot{Q} = -799,35 \frac{MJ}{h}$$

Se utilizará agua como fluido de intercambio térmico ya que es fácil de manejar y de conseguir. Se considerará una temperatura de entrada promedio de 20°C y una temperatura de salida de 50°C. El caudal requerido se muestra a continuación y el mismo será recirculado luego de pasar por una torre de enfriamiento.

$$\dot{m}_{Agua} = \frac{-\dot{Q}_{Enfriamiento}}{cp \times (T_s - T_e)}$$

¹Referencias: a) – d) Celulosa de distintos orígenes. e) – f) Lignina extraída por dos métodos diferentes.

$$\dot{m}_{\text{Agua}} = \frac{799,35 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (50 - 20)^\circ\text{C}} = 6.374,40 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

7.1.4. Primera evaporación de etanol

La evaporación del solvente se lleva a cabo en un evaporador de simple efecto, en el cual la mezcla con etanol circulará por los tubos y el vapor de calefacción circulará por carcasa. La composición de la mezcla es:

Componente	Caudal (Tn/d)	Caudal (kg/h)	Porcentaje (%)
Agua	26,20	1.091,67	52,91
Etanol	19,36	806,67	39,10
Lignina insoluble en ácido	3,54	147,50	7,15
NaOH	0,42	17,50	0,85

Tabla N° 29: Composición de la mezcla que ingresa a la primera Evaporación.

La ecuación empleada en el cálculo es:

$$\dot{Q}_{\text{Evaporación}} = (0,50 \times \dot{m}_{\text{Etanol}} \times c_{p\text{Etanol}} + \dot{m}_{\text{Agua}} \times c_{p\text{Agua}} + \dot{m}_L \times c_{pL}) \times (T_{eb} - T_i) + 0,50 \times \dot{m}_{\text{Etanol}} \times \lambda_{\text{Etanol}}$$

Donde no se considera el NaOH por ser menos del 1% en la mezcla.

Componente	Calor específico (kJ/kg°C)	Calor de vaporización (kJ/kg)
Agua	4,18	-
Etanol	2,44	841
Lignina insoluble en ácido	0,18	-

Tabla N° 30: Calor específico y calor de vaporización de los componentes en la Evaporación.

Se considera que la temperatura de la mezcla líquida desciende 20°C entre la descarga de la Deslignificación y la entrada a la Evaporación, ya que es centrifugada. El caudal máximo que puede evaporarse es el 50% del etanol que ingresa debido a que debe tomarse una tasa de recirculación de 1:4 como se verá en detalle en el Capítulo VIII.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{Evaporación}} &= \left(403,3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 2,44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} + 1.091,67 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} + 147,50 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) \\ &\quad \times (78,40 - 40)^\circ\text{C} + 403,3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 841 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ \dot{Q}_{\text{Evaporación}} &= 553,23 \frac{\text{MJ}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Para la evaporación se utilizará vapor de agua a 152°C y 5 bar. Por lo tanto, se calculará a continuación el caudal requerido para evaporar el etanol de la mezcla considerando que el mismo condensa totalmente, por lo que se utiliza el calor latente:

$$\dot{m}_{\text{vapor (152}^\circ\text{C, 5 bar)}} = \frac{553,23 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2133,33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 259,33 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

7.1.5. Segunda evaporación del etanol

En este segundo evaporador, ingresa la corriente de salida del primer evaporador, que contiene el etanol que no se evaporó. La composición de la misma es:

Componente	Caudal (kg/h)	Porcentaje (%)
Agua	1.091,67	65,80
Etanol	403,33	24,30
Lignina insoluble en ácido	147,50	8,90
NaOH	17,50	1,10

Tabla N° 31: Composición de la mezcla que ingresa a la segunda Evaporación.

Dado que la mezcla ingresa a 78,4°C en la cual el etanol se encuentra en estado de líquido saturado, se considera el calor para lograr la evaporación del 83% del mismo. El porcentaje de etanol evaporado se determinó a partir de la tasa de recirculación mínima de 1:4 como se explicó previamente. La ecuación empleada en el cálculo es:

$$\dot{Q}_{\text{Evaporación}} = 0,83 \times \dot{m}_{\text{Etanol}} \times \lambda_{\text{Etanol}}$$

Donde no se considera el NaOH por ser su porcentaje muy bajo en la mezcla.

$$\dot{Q}_{\text{Evaporación}} = 334,7 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 841 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Evaporación}} = 281,52 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$$

Para la evaporación se utilizará vapor de agua a 152°C y 5 bar. Por lo tanto, se calculará a continuación el caudal requerido para evaporar el etanol de la mezcla considerando que el mismo condensa totalmente, por lo que se utiliza el calor latente:

$$\dot{m}_{\text{vapor (152°C, 5 bar)}} = \frac{281,52 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2133,33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 131,97 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

7.1.6. Condensación del etanol

Para condensar los vapores de etanol se empleará un condensador subenfriador ya que es una sustancia volátil. Se considerará una temperatura final de 50°C.

$$\dot{Q}_{\text{Condensación}} = \dot{m}_{\text{Etanol}} \times (\lambda_{\text{Etanol}} + c_{p_{\text{Etanol}}} \times (T_f - T_{eb}))$$

$$\dot{Q}_{\text{Condensación}} = 738,06 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \left(-841 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 2,44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (50 - 78,4)^\circ\text{C} \right) = -671,85 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$$

Se empleará agua a 20°C y se considerará una temperatura de salida de 50°C.

$$\dot{m}_{\text{Agua}} = \frac{671,85 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (50 - 20)^\circ\text{C}} = 5.357,66 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

7.2. Modificación de almidón de maíz

La única etapa donde se requiere un intercambio de energía es en el secado y tratamiento térmico del almidón modificado. Esto se llevará a cabo en un secador de rodillos calentados con vapor a presión.

7.2.1. Secado y tratamiento térmico

La energía requerida para el secado y calentamiento se calcula a partir de:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{AM} \times cp_A \times (T_f - T_i) + \dot{m}_{Agua} \times cp_{Agua} \times (T_{eb} - T_i) + \dot{m}_v \times \lambda_v$$

El almidón modificado ingresará a 25°C y saldrá a 130°C.

Componente	Caudal (kg/h)	Porcentaje (%)
Almidón modificado	530,42	76,92
Agua	152,08	22,05
Na₂SO₄	4,06	0,59
Na₂HPO₄	2,77	0,40
NaOH	0,25	0,04

Tabla N° 32: Composición de la corriente de almidón modificado que ingresa al Secado.

El caudal de agua a evaporar puede calcularse a partir del balance realizado en 4.2.3. Sabiendo que el almidón modificado final estará acompañado por 1.270 kg/d de agua. Por lo tanto, el caudal de agua a evaporar será:

$$\dot{m}_{Agua} = 152,08 \frac{kg}{h} - 52,92 \frac{kg}{h} = 99,16 \frac{kg}{d}$$

No se tendrán en cuenta las impurezas para el cálculo debido a su bajo porcentaje en la corriente. El calor específico del almidón modificado se tomará igual al del almidón de maíz nativo.

Componente	Calor específico (kJ/kg°C)	Calor latente (kJ/kg)
Almidón modificado	1,75	-
Agua	4,18	2.260
Vapor de agua	1,90	-

Tabla N° 33: Calor específico y calor latente del almidón modificado y el agua.

$$\dot{Q} = 97,46 \frac{MJ}{h} + 11,41 \frac{MJ}{h} + 224,10 \frac{MJ}{h} + 5,65 \frac{MJ}{h} = 338,62 \frac{MJ}{h}$$

Dado que los rollos del secador estarán calefaccionados con vapor, se calcula a continuación el caudal requerido para suministrar esa energía. El vapor estará a 7 bar de presión por lo que el vapor saturado tendrá una temperatura de 170,5°C. Consideraremos condensación total del mismo para el cálculo.

$$\dot{m}_{vapor(7\ bar)} = \frac{\dot{Q}}{\lambda} = \frac{338,62 \times 10^3 \frac{kJ}{h}}{2.047,05 \frac{kJ}{kg}} = 165,42 \frac{kg}{h}$$

7.3. Formación del polímero

7.3.1. Extrusión

Para la formación del polímero biodegradable se empleará un proceso de extrusión que deberá realizarse a 130°C. Se mezclarán el agua y el almidón modificado con un mezclador dinámico para ingresar como una pasta a la tolva de la extrusora y evitar la evaporación inmediata del agua. Se calculará la energía térmica necesaria para llevar a la mezcla a esa temperatura a partir de los siguientes datos:

Componente	Temperatura inicial (°C)	Caudal (kg/h)	Calor específico (kJ/kg°C)
Almidón modificado	80	530,42	1,75
Agua	25	397,92	4,18
Glicerina	25	265	2,43
Lignina	25	132,92	0,18

Tabla N° 34: Datos de los componentes para la formación del polímero.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{Extrusión} &= (\dot{m}_G \times cp_G + \dot{m}_L \times cp_L) \times (T_f - T_i) + \dot{m}_{AM} \times cp_A \times (T_f - T_i) + \dot{m}_{Agua} \times cp_{Agua} \times (T_{eb} - T_i) \\ &\quad + \dot{m}_{Agua} \times \lambda_{Agua} \\ \dot{Q}_{Extrusión} &= 70,13 \frac{MJ}{h} + 46,41 \frac{MJ}{h} + 124,75 \frac{MJ}{h} + 899,30 \frac{MJ}{h} = 1.140,59 \frac{MJ}{h} \end{aligned}$$

Esta energía, que equivale a 316,80 kW, será proporcionada por medio de resistencias eléctricas instaladas a lo largo de la extrusora.

7.3.2. Enfriamiento

A continuación, luego de conformarse los hilos de polímero, ingresarán a una batea con agua donde se enfriarán y solidificarán para su posterior granulado. Se calculará la energía térmica que debe ser retirada y el caudal de agua necesario para ello. El calor específico del polímero biodegradable se obtuvo del artículo Tan, I., Wee, C. C., Sopade, P. A. and Halley, P. J. (2004), Estimating the Specific Heat Capacity of Starch-Water-Glycerol Systems as a Function of Temperature and Compositions. *Starch/Stärke*, 56: 6-12. DOI:10.1002/star.200300209.

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \dot{m}_{PB} \times cp_{PB} \times (T_f - T_i) = 1.326,25 \frac{kg}{h} \times 2,60 \frac{kJ}{kg°C} \times (30°C - 130°C) \\ \dot{Q} &= -344,83 \frac{MJ}{h} \\ \dot{m}_{Agua} &= \frac{-\dot{Q}}{cp \times (T_f - T_i)} = \frac{344,83 \times 10^3 \frac{kJ}{h}}{4,18 \frac{kJ}{kg°C} \times (70°C - 20°C)} = 1.649,90 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

El agua de enfriamiento se recirculará a la batea mediante un sistema de enfriamiento y bombeo.

7.4. Resumen de fluidos térmicos

Se presenta un cuadro resumen con las temperaturas y los caudales de los fluidos empleados en las etapas de transferencia de calor.

Proceso	Etapas	Fluido	Temperatura de entrada	Temperatura de salida	Caudal (kg/h)
Obtención de lignina	Pre-tratamiento	Vapor saturado	152°C (5 bar)	152°C (condensado)	482,37
	Deslignificación	Dowtherm RP	250°C	200°C	8.532,32
	Enfriamiento	Agua	20°C	50°C	6.374,40
	Evaporaciones	Vapor saturado	152°C (5 bar)	152°C (condensado)	391,30
	Condensación	Agua	20°C	50°C	5.357,66
Modificación de almidón	Secado y tratamiento térmico	Vapor saturado	170,5°C (7 bar)	170,5°C (condensado)	165,24

Tabla N° 35: Corrientes de fluidos de calentamiento y enfriamiento.

8. Bibliografía

- Wikipedia. (Sin fecha). Calor Específico. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Calor_espec%C3%ADfico#Tabla_de_calores_espec%C3%ADficos_y_sustancias
- Engineering Toolbox. (2018). Specific Heat (Heat Capacity), Cp and Cv. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-ethanol-Cp-Cv-isobaric-isochoric-ethyl-alcohol-d_2030.html
- CalcSteam. (Sin fecha). Some scientific and engineering data online. Recuperado de: https://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser_dampf_e.html
- DOW. (Sin fecha). Fluidos de transferencia de calor DOWTHERM, SYLTHERM DOWFROST y DOWCAL. Recuperado de: http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_097a/0901b8038097ad4b.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/176-01509.pdf&fromPage=GetDoc
- Thybring, E. E. (2014). Explaining the heat capacity of wood constituents by molecular vibrations. *Journal of Materials Science*, 49(3), 1317-1327. Doi: 10.1007/s10853-013-7815-
- PubChem (Sin fecha). Lignin, organosolv. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/73555271#section=Top>
- Engineering ToolBox. (2003). Fluids - Latent Heat of Evaporation. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/fluids-evaporation-latent-heat-d_147.html
- Wikipedia. (Sin fecha). Enthalpy of vaporization. Recuperado de: https://en.wikipedia.org/wiki/Enthalpy_of_vaporization
- Vaxasoftware. (Sin fecha). Calor específico del agua entre 0°C y 100°C. Recuperado de: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/caloresph2o.pdf
- Engineering ToolBox, (2003). Specific Heat of Food and Foodstuff. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html
- Engineering ToolBox, (2005). Water Vapor - Specific Heat. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/water-vapor-d_979.html
- Urieli, I. (2018). Chapter 10: Air - Water Vapor Mixtures. En *Engineering Thermodynamics - A Graphical Approach*. Ohio University. Recuperado de: https://www.ohio.edu/mechanical/thermo/Applied/Chapt.7_11/Chapter10b.html
- Aristizábal, J., Sánchez, T. (2007). Capítulo 8: Análisis Físicoquímico del Almidón. En *Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>
- BioSC. (Sin fecha). Hoja de Seguridad Glicerina Cruda Min. 80%. Recuperado de: http://www.biosc.com.co/rsc/hoja_seguridad_glicerina.pdf



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo VII: Diseño de Equipos

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo	223
2. Almacenamiento	223
2.1. Silos de almacenamiento D-S-01 y D-S-02.....	223
2.2. Depósito de STPP y Na ₂ SO ₄	224
2.3. Depósito de cáscara de arroz	225
2.4. Tanque de almacenamiento D-TK-01	225
2.5. Tanque de almacenamiento D-TK-02	227
2.6. Tanque de almacenamiento D-TK-03	228
2.7. Tanque de almacenamiento D-TK-04	229
2.8. Tanque de reserva D-TK-05.....	230
2.9. Tanque ecualizador D-TK-06	230
2.10. Tanque de almacenamiento D-TK-08.....	231
2.11. Depósito de polímero biodegradable	232
2.12. Recinto de tanques de almacenamiento	232
3. Obtención de lignina	234
3.1. Molino L-M-01	234
3.1.1. Especificaciones técnicas.....	235
3.2. Mezclador L-ME-01.....	236
3.2.1. Especificaciones técnicas.....	239
3.3. Reactor L-R-01	239
3.3.1. Dimensionamiento	239
3.3.2. Presión de diseño.....	240
3.3.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	240
3.3.4. Cabezal y fondo.....	244
3.3.5. Cálculo del agitador.....	245
3.3.6. Sistema de calentamiento	247

3.3.7. Especificaciones técnicas.....	251
3.4. Centrífuga de discos L-CD-01.....	252
3.4.1. Especificaciones técnicas.....	253
3.5. Reactor L-R-02.....	254
3.5.1. Dimensionamiento.....	254
3.5.2. Presión de diseño.....	255
3.5.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	255
3.5.4. Cabezal y fondo.....	256
3.5.5. Cálculo del agitador.....	257
3.5.6. Sistema de calentamiento.....	259
3.5.2. Especificaciones técnicas.....	262
3.6. Tanque L-TK-01.....	263
3.6.1. Dimensionamiento.....	263
3.6.2. Presión de diseño.....	264
3.6.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	264
3.6.4. Cálculo del agitador.....	265
3.6.5. Sistema de enfriamiento.....	266
3.6.6. Área de transferencia.....	268
3.6.7 Especificaciones técnicas.....	269
3.7. Centrífuga de discos L-CD-02.....	270
3.7.1. Especificaciones técnicas.....	271
3.8. Evaporador L-EV-01.....	272
3.8.1. Dimensionamiento.....	272
3.8.2. Cálculo de los coeficientes peliculares.....	277
3.8.3. Coeficientes globales de transferencia de calor.....	282
3.8.4. Especificaciones técnicas.....	283
3.9. Evaporador L-EV-02.....	284
3.9.1. Dimensionamiento.....	285

3.9.2. Cálculo de los coeficientes peliculares.....	289
3.9.3. Coeficientes globales de transferencia de calor.....	292
3.9.4. Especificaciones técnicas.....	293
3.10. Condensador L-C-01	294
3.10.1. Dimensionamiento	295
3.10.2. Cálculo del coeficiente pelicular h_{i0}	298
3.10.3. Zona de calor latente.....	299
3.10.4. Zona de calor sensible	305
3.10.5. Área total de transferencia.....	306
3.10.6. Pérdida de carga	306
3.10.7. Especificaciones técnicas	308
3.11. Mezclador L-MD-01	309
3.11.1. Especificaciones técnicas	311
3.12. Centrífuga de discos L-CD-03.....	312
3.12.1. Especificaciones técnicas	313
3.13. Transportador de tornillo L-TT-01	313
3.13.1. Porcentaje de carga	314
3.13.2. Capacidad seleccionada	316
3.13.3. Potencia del motor.....	317
3.13.4. Potencia por el material corregida.....	320
3.13.5. Especificaciones técnicas	321
4. Modificación del almidón de maíz.....	322
4.1. Reactor A-R-01	322
4.1.1. Dimensionamiento	322
4.1.2. Presión de diseño.....	323
4.1.3. Cálculo del espesor de la envuelta.....	323
4.1.4. Cabezal y fondo.....	324
4.1.5. Cálculo del agitador	325

4.1.6. Especificaciones técnicas.....	327
4.2. Centrífuga A-CT-01	328
4.2.1. Especificaciones técnicas.....	329
4.3. Secador A-SR-01.....	330
4.3.1. Especificaciones técnicas.....	334
4.4. Molino A-MR-01	335
4.4.1. Especificaciones técnicas.....	336
4.5. Mezclador A-MD-01.....	336
4.5.1. Especificaciones técnicas.....	338
4.6. Transportador de tornillo A-TT-01.....	339
4.6.1. Porcentaje de carga.....	339
4.6.2. Capacidad seleccionada	341
4.6.3. Potencia del motor.....	341
4.6.4. Potencia por el material corregida.....	344
4.6.5. Especificaciones técnicas.....	344
5. Formación del polímero biodegradable	345
5.1. Extrusoras P-E-01 y P-E-02	345
5.1.1. Especificaciones técnicas.....	347
5.2. Pelletizadora.....	348
5.2.1. Especificaciones técnicas.....	350
5.3. Empaquetadora P-EM-01	351
5.3.1. Especificaciones técnicas.....	353
6. Bibliografía.....	354

Índice de Figuras

Figura N° 1: Molino Pulvex 400 Super.....	235
Figura N° 2: División de flujo y Mezclado radial en un mezclador estático.	236
Figura N° 3: Gráfico de caída de presión por elemento para mezclador estático.	238
Figura N° 4: Diagrama de isocorrosión para soluciones de H ₂ SO ₄	241
Figura N° 5: Factor K para camisa de caña de NPS 2.	243
Figura N° 7: Esquema de fondo tipo Klopper. L-R-01.....	244
Figura N° 8: Esquema de un agitador de paletas.	245
Figura N° 9: Gráfico de Número de Potencia vs Re.	246
Figura N° 10: Esquema de una camisa de media caña.....	247
Figura N° 11: Esquema de una centrífuga de discos.	252
Figura N° 12: Diagrama de isocorrosión para soluciones de NaOH.	256
Figura N° 13: Gráfico de Número de Potencia vs Re.	258
Figura N° 14: Centrífuga de discos AC 1000 Flottweg.	270
Figura N° 15: Esquema de la centrífuga L-CD-02.	271
Figura N° 16: Factores de fricción para lado de tubos.	276
Figura N° 17: Mapa de regímenes de flujo para escurrimiento vertical.	278
Figura N° 18: Tipos de regímenes de flujo y zonas de transmisión de calor según el tipo de ebullición en los tubos.....	279
Figura N° 19: Representación gráfica de los datos de F vs Xtt.	280
Figura N° 20: Representación gráfica de S vs Re _{TP}	281
Figura N° 21: Esquema de un evaporador de película descendente.	284
Figura N° 22: Factor de corrección para DTML en intercambiadores de 1 paso por carcasa y número par de pasos e-n tubos.	295
Figura N° 23: Gráfico de Dukler.....	300
Figura N° 24: Diagrama de Moody.....	307
Figura N° 25: Mezclador dinámico INDAG DML/H.	309

Figura N° 26: Esquema del mezclador L-MD-01.	311
Figura N° 27: Esquema de la relación Paso - Diámetro.	316
Figura N° 28: Ubicación del cojinete de suspensión en el transportador de tornillo.	319
Figura N° 29: Gráfico de factor potencia del material corregido.	320
Figura N° 30: Transportador de tornillo KWS.	321
Figura N° 31: Esquema de fondo tipo Klopper. A-R-01.	324
Figura N° 32: Esquema de un agitador de paletas.	325
Figura N° 33: Esquema de una centrífuga decanter.	328
Figura N° 34: Centrífuga decanter RINA Serie 600 AS.	329
Figura N° 35: Esquema de un secador de doble tambor.	330
Figura N° 36: Esquema del secador de rodillos A-S-01.	334
Figura N° 37: Esquema de molino de rodillos.	335
Figura N° 38: Molino de rodillos Davis 100A2.	335
Figura N° 39: Mezclador dinámico IKA MHD 2000/50.	337
Figura N° 40: Esquema de A-MD-01.	338
Figura N° 41: Soporte intermedio y cojinete de suspensión.	343
Figura N° 42: Esquema de extrusora de tornillo simple.	346
Figura N° 43: Zonas de una extrusora y evolución de la presión.	346
Figura N° 44: Extrusora de doble tornillo Milacron TP140-33.	348
Figura N° 45: Esquema del sistema de pelletizado.	348
Figura N° 46: Zona de transición de sección guía de hebras a cinta transportadora.	349
Figura N° 47: Sistema de recuperación de agua.	349
Figura N° 48: Sistema de pelletizado MAAG modelo JSG.	350
Figura N° 49: Empaquetadora MF IABA 600.	351
Figura N° 50: Boquilla de llenado con mordazas de agarre y cinta transportadora vibradora inferior.	352
Figura N° 51: Sistema de cierre de bolsas.	352
Figura N° 52: Esquema de P-EM-01.	353

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Listado de equipos y depósitos de almacenamiento.	223
Tabla N° 2: Propiedades fisicoquímicas del almidón de maíz	223
Tabla N° 3: Especificaciones de silos de almacenamiento.....	224
Tabla N° 4: Cálculo de racks para STPP y Na ₂ SO ₄	224
Tabla N° 5: Dimensiones de los racks para STPP y Na ₂ SO ₄	224
Tabla N° 6: Cálculo del depósito de cáscara de arroz.	225
Tabla N° 7: Dimensionamiento D-TK-01.....	225
Tabla N° 8: Cálculo de espesor de pared D-TK-01.....	226
Tabla N° 9: Dimensionamiento D-TK-02.....	227
Tabla N° 10: Cálculo de espesor de pared D-TK-02.	227
Tabla N° 11: Dimensionamiento D-TK-03.	228
Tabla N° 12: Cálculo de espesor de pared D-TK-03.	228
Tabla N° 13: Dimensionamiento D-TK-04.	229
Tabla N° 14: Cálculo del espesor de pared D-TK-04.	229
Tabla N° 15: Dimensionamiento D-TK-05	230
Tabla N° 16: Dimensionamiento D-TK-06.....	230
Tabla N° 17: Dimensionamiento D-TK-08.....	231
Tabla N° 18: Cálculo del espesor de pared D-TK-08.	231
Tabla N° 19: Cálculo de racks necesarios para producto terminado.	232
Tabla N° 20: Dimensiones de los racks de producto terminado.	232
Tabla N° 21: Área de almacenamiento ocupada.	233
Tabla N° 22: Volumen del tanque mayor y volumen del recinto general.	233
Tabla N° 23: Listado de equipos – Obtención de lignina.	234
Tabla N° 24: Especificaciones técnicas L-M-01.....	235
Tabla N° 25: Cantidad de elementos del mezclador estático según número de Reynolds.....	237
Tabla N° 26: Especificaciones técnicas L-ME-01.	239

Tabla N° 27: Densidad de la mezcla H_2SO_4 0,1 M y cáscara de arroz.	239
Tabla N° 28: Dimensionamiento L-R-01.	240
Tabla N° 29: Datos para el cálculo de espesor L-R-01.	241
Tabla N° 30: Características de la camisa de media caña.	242
Tabla N° 31: Dimensiones del cabezal y fondo de L-R-01.	244
Tabla N° 32: Dimensiones del agitador de turbina L-R-01.....	245
Tabla N° 33: Datos para el diseño del sistema de calentamiento L-R-01.....	247
Tabla N° 34: Parámetros recomendados para transferencia de calor en reactores agitados.	248
Tabla N° 35: Datos para el cálculo de h_i en L-R-01.	248
Tabla N° 36: Datos para el cálculo de h_o en L-R-01.....	249
Tabla N° 37: Especificaciones técnicas L-R-01.....	251
Tabla N° 38: Especificaciones técnicas L-CD-01.....	253
Tabla N° 39: Densidad de los componentes y la mezcla de cáscara de arroz y solución de etanol y NaOH.	254
Tabla N° 40: Dimensionamiento L-R-02.	254
Tabla N° 41: Datos para el cálculo de espesor L-R-02.	255
Tabla N° 42: Dimensiones del cabezal y fondo L-R-02.....	256
Tabla N° 43: Dimensiones del agitador de turbina L-R-02.....	257
Tabla N° 44: Datos para el diseño del sistema de calentamiento L-R-02.....	259
Tabla N° 45: Datos para el cálculo de h_i en L-R-02.	260
Tabla N° 46: Propiedades del fluido Dowtherm RP.	260
Tabla N° 47: Especificaciones técnicas L-R-02.....	262
Tabla N° 48: Densidad de los componentes y la mezcla de cáscara de arroz y licor de etanol, solución de NaOH y lignina.	263
Tabla N° 49: Dimensionamiento L-TK-01.....	263
Tabla N° 50: Datos para el cálculo de espesor L-TK-01.....	264
Tabla N° 51: Dimensiones del agitador de turbina L-TK-01.	265

Tabla N° 52: Datos para el diseño del sistema de enfriamiento L-TK-01.	266
Tabla N° 53: Datos para el cálculo de h_i en L-TK-01.....	267
Tabla N° 54: Propiedades del agua a 35°C.....	267
Tabla N° 55: Especificaciones técnicas L-TK-01.	269
Tabla N° 56: Composición de la mezcla a tratar en L-CD-02.....	270
Tabla N° 57: Especificaciones técnicas L-CD-02.....	271
Tabla N° 58: Datos de las corrientes en L-EV-01.	272
Tabla N° 59: Características del equipo L-EV-01 supuesto.	273
Tabla N° 60: Datos de tubos para condensadores e intercambiadores de calor. Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 948, McGraw Hill Book Company.....	274
Tabla N° 61: Disposición de los espejos de tubos. Tomada de Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 947, McGraw Hill Book Company.....	274
Tabla N° 62: Densidades y volúmenes específicos de las corrientes en L-EV-01.	275
Tabla N° 63: Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida.	278
Tabla N° 64: Factores de obstrucción para los fluidos por tubos y por carcasa, y factor R_d requerido.	282
Tabla N° 65: Especificaciones técnicas L-EV-01.	283
Tabla N° 66: Datos de las corrientes en L-EV-02.	284
Tabla N° 67: Características del equipo L-EV-02 supuesto.	285
Tabla N° 68: Disposición de los espejos de tubos. Tomada de Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 947, McGraw Hill Book Company.....	286
Tabla N° 69: Densidades y volúmenes específicos de las corrientes en L-EV-02.	286
Tabla N° 70: Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida.	289
Tabla N° 71: Factores de obstrucción para los fluidos por tubos y por carcasa, y factor R_d requerido.	292
Tabla N° 72: Especificaciones técnicas L-EV-02.	293
Tabla N° 73: Datos de las corrientes en L-C-01.....	294
Tabla N° 74: Datos térmicos de las corrientes en L-C-01.	294
Tabla N° 75: Características del equipo L-C-01 propuesto.	296

Tabla N° 76: Disposición de tubos en intercambiadores de calor. Tomada de “Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos” por E. Cao, 2004, página 408.	297
Tabla N° 77: Propiedades del etanol condensado a 78,40°C.	299
Tabla N° 78: Propiedades del vapor de etanol a 78,40°C.	301
Tabla N° 79: Coeficientes de ensuciamiento para distintos tipos de agua. Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 950, McGraw Hill Book Company.	303
Tabla N° 80: Coeficientes de ensuciamiento para distintos tipos de agua. Tomada de “Tubular Exchange Manufacturers Association”.	303
Tabla N° 81: Propiedades del etanol condensado a 64,20°C.	305
Tabla N° 82: Especificaciones técnicas de L-C-01.	308
Tabla N° 83: Composición y densidades de las corrientes de entrada a L-MD-01.	310
Tabla N° 84: Especificaciones técnicas de L-MD-01.	311
Tabla N° 85: Caudales y densidades de la corriente de entrada a L-CD-03.	312
Tabla N° 86: Especificaciones técnicas L-CD-03.	313
Tabla N° 87: Capacidades del transportador de tornillo según porcentajes de carga.	315
Tabla N° 88: Factores de capacidad para distintos pasos.	316
Tabla N° 89: Factor de diámetro.	318
Tabla N° 90: Factor del cojinete de suspensión.	318
Tabla N° 91: Factor de material a granel.	319
Tabla N° 92: Especificaciones técnicas de L-TT-01.	321
Tabla N° 93: Listado de equipos – Modificación de almidón.	322
Tabla N° 94: Composición de la corriente de entrada a A-R-01.	322
Tabla N° 95: Dimensionamiento A-R-01.	323
Tabla N° 96: Datos para el cálculo de espesor A-R-01.	323
Tabla N° 97: Dimensiones del cabezal y fondo de A-R-01.	324
Tabla N° 98: Dimensiones del agitador de turbina de A-R-01.	325
Tabla N° 99: Especificaciones técnicas A-R-01.	327

Tabla N° 100: Especificaciones técnicas de A-CT-01.....	329
Tabla N° 101: Rangos de coeficientes peliculares típicos para calentamiento de distintos fluidos.....	331
Tabla N° 102: Rangos de coeficientes globales de transferencia típicos para distintas sustancias.....	332
Tabla N° 103: Rango de coeficientes globales típicos para calentamiento de distintos fluidos.....	332
Tabla N° 104: Características de las corrientes en A-S-01.....	333
Tabla N° 105: Especificaciones técnicas de A-SR-01.....	334
Tabla N° 106: Especificaciones técnicas de A-MR-01.....	336
Tabla N° 107: Especificaciones técnicas de A-MD-01.....	338
Tabla N° 108: Capacidades del transportador de tornillo según porcentajes de carga.....	340
Tabla N° 109: Factores de capacidad para distintos pasos.....	341
Tabla N° 110: Factor de diámetro.....	342
Tabla N° 111: Factor del cojinete de suspensión.....	343
Tabla N° 112: Factor de material a granel.....	343
Tabla N° 113: Especificaciones técnicas de A-TT-01.....	344
Tabla N° 114: Listado de equipos – Formación del polímero.....	345
Tabla N° 115: Composición de la corriente de entrada a P-E-01 y P-E-02.....	347
Tabla N° 116: Especificaciones técnicas de P-E-01 y P-E-02.....	347
Tabla N° 117: Especificaciones técnicas de P-P-01.....	350
Tabla N° 118: Especificaciones técnicas de P-EM-01.....	353

1. Objetivo

En este capítulo se detallan todos los cálculos llevados a cabo para el dimensionamiento y diseño de los equipos de almacenamiento y del proceso.

2. Almacenamiento

Los depósitos y equipos para almacenamiento se dividen en materia prima y producto terminado, y son:

Equipo	Sustancias	Código
Silos de almacenamiento	Almidón de maíz	D-S-01/02
Depósito de materia prima	Tripolifosfato de sodio Sulfato de sodio	-
Depósito de materia prima	Cáscara de arroz	-
Tanque de almacenamiento	Hidróxido de sodio solución 50% p/p	D-TK-01
Tanque de almacenamiento	Ácido sulfúrico solución 98% p/p	D-TK-02
Tanque de almacenamiento	Glicerina	D-TK-03
Tanque de almacenamiento	Etanol	D-TK-04
Tanque de reserva	Agua	D-TK-05
Tanque de homogeneización	Efluentes	D-TK-06
Tanque de almacenamiento	Celulosa	D-TK-08
Depósito de producto terminado	Polímero biodegradable	-

Tabla N° 1: Listado de equipos y depósitos de almacenamiento.

2.1. Silos de almacenamiento D-S-01 y D-S-02

Se almacenará almidón de maíz comercial de manera de mantener un stock para 7 días. Diariamente se requieren 14,43 toneladas para el proceso de modificación de almidón, por lo tanto, los silos deberán tener capacidad para almacenar 101 toneladas.

$$\text{Stock almidón de maíz} = 14,43 \frac{Tn}{\text{día}} \times 7 \text{ días} = 101 Tn$$

Las propiedades del almidón de maíz son las siguientes:

Apariencia	Polvo fino
Humedad	12 %
Densidad (g/ml)	1,50
Solubilidad en agua	Soluble a 100°C

Tabla N° 2: Propiedades fisicoquímicas del almidón de maíz

Por lo tanto, el volumen que ocupará será:

$$\text{Volumen de almidón de maíz} = 101 Tn \times 1,50 \frac{Tn}{m^3} = 67,33 m^3$$

A continuación, se detallan las especificaciones de los silos de almacenamiento:

Cantidad de silos	2
Cantidad a almacenar (Tn)	101
Volumen (m3)	67,33
Volumen sobredimensionado (m3)	77,44
Tipo	Elevado
Diámetro (m)	4,95
Altura total (m)	7
Altura de patas (m)	2,80
Volumen final de cada silo (m3)	80
Ángulo de fondo	60°
Material	Acero galvanizado

Tabla N° 3: Especificaciones de silos de almacenamiento.

2.2. Depósito de STPP y Na₂SO₄

Las cantidades a emplear de estas sustancias son las mismas. Se determinó mantener un stock para 7 días de producción. La forma de almacenamiento de estas sustancias será en bolsas de 25 kg, en pallets de 20 bolsas. Se calcula a continuación, la cantidad y las dimensiones de los racks necesarios para ambas materias primas.

Stock para 7 días	4.819,64 kg
Bolsas por día	192,80
Bolsas por semana	1.349,50
Pallets por semana	68
Alto (m)	5
Largo (m)	8
Profundidad (m)	1
Posiciones por rack	40
Racks necesarios	2

Tabla N° 4: Cálculo de racks para STPP y Na₂SO₄.

Dimensiones	
Largo (m)	8
Ancho (m)	2

Tabla N° 5: Dimensiones de los racks para STPP y Na₂SO₄.

2.3. Depósito de cáscara de arroz

La cantidad a almacenar de esta materia prima será de 85.200 kg, lo que corresponde a un stock para 3 días de producción. La cáscara se obtiene en forma de pacas de 400 kg cada una. A partir de las dimensiones de una paca se realizan los cálculos para determinar los racks necesarios.

Stock para 3 días	85.200 kg
Pacas para 9 días	639
Largo de paca	2,20 m
Alto de paca	0,70 m
Ancho de paca	0,80 m
Pisos	8
Pacas por piso	80
Pacas a lo largo	8
Pacas a lo ancho	10
Dimensiones	
Largo (m)	17,60
Ancho (m)	8

Tabla N° 6: Cálculo del depósito de cáscara de arroz.

Se deja una separación de 1 m de cada lado a lo ancho y de 70 cm de cada lado a lo largo. El depósito contará con un sistema de ventilación para evitar nubes de polvo que pueden generar atmósferas explosivas.

2.4. Tanque de almacenamiento D-TK-01

Este tanque almacenará una solución comercial de NaOH al 50% p/p, la cual se utiliza en el proceso de Deslignificación y en el de Modificación del almidón. Se requieren 971,25 kg por día de solución. Se diseñó suponiendo un stock para 25 días, que corresponde a 24,28 toneladas de solución.

A partir de la densidad de la solución de NaOH 50% p/p (1,50 g/ml) obtenemos el volumen a almacenar:

$$Volumen = \frac{24,28 \text{ Tn}}{1,50 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 16,19 \text{ m}^3$$

Volumen sobredimensionado (15%) (m³)	18,62
Perímetro elegido (m)	9
Diámetro (m)	2,86
Altura (m)	3
Volumen final (m³)	19,34

Tabla N° 7: Dimensionamiento D-TK-01.

El material para este tanque será acero al carbono con un recubrimiento epoxi. El cabezal será toriesférico y el fondo, plano.

Se muestran a continuación, los datos para el cálculo de espesor:

Diámetro del tanque (pies)	9,40
Altura del tanque (pies)	9,84
Peso específico relativo	1,50
Eficiencia de soldadura	0,85
Tensión admisible del material (psi)	11.250
Tolerancia de corrosión (pulgadas)	0,079
Espesor calculado (pulgadas)	0,11
Espesor calculado (mm)	2,86
Espesor mínimo por norma (mm)	4,76

Tabla N° 8: Cálculo de espesor de pared D-TK-01.

La ecuación empleada para el cálculo es la siguiente:

$$t = \left(2,60 \times D \times (H - 1) \times \frac{G}{E \times S} \right) + C$$

Donde:

D = Diámetro del tanque en pies

H = Altura del tanque en pies

G = Peso específico relativo

E = Eficiencia de soldadura

S = Tensión admisible en psi

C = Tolerancia de corrosión en pulgadas

El espesor del fondo y del cabezal del tanque será de 4,76 mm.

2.5. Tanque de almacenamiento D-TK-02

Este tanque almacenará una solución concentrada de H₂SO₄ (98% p/p), la cual se utiliza en el proceso de Pre-tratamiento de cáscara de arroz y en la precipitación de lignina. Se requieren 654 kg por día para la solución de H₂SO₄ 0,1 M empleada en el pre-tratamiento y 532 kg para la acidificación. Se diseñó suponiendo un stock para 25 días, que corresponde a 29,66 toneladas de solución.

A partir de la densidad de la solución de de H₂SO₄ 98% p/p (1,84 g/ml) obtenemos el volumen a almacenar:

$$Volumen = \frac{29,66 \text{ Tn}}{1,84 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 16,12 \text{ m}^3$$

Volumen sobredimensionado (15%) (m³)	18,54
Perímetro elegido (m)	9
Diámetro (m)	2,86
Altura (m)	3
Volumen final (m³)	19,34

Tabla N° 9: Dimensionamiento D-TK-02.

El material para este tanque será acero al carbono. El cabezal será toriesférico y el fondo, plano.

Se muestran a continuación, los datos para el cálculo de espesor:

$$t = \left(2,60 \times D \times (H - 1) \times \frac{G}{E \times S} \right) + C$$

Diámetro del tanque (pies)	9,40
Altura del tanque (pies)	9,84
Peso específico relativo	1,84
Eficiencia de soldadura	0,85
Tensión admisible del material (psi)	11.250
Tolerancia de corrosión (pulgadas)	0,079
Espesor calculado (pulgadas)	0,12
Espesor calculado (mm)	3,06
Espesor mínimo por norma (mm)	4,76

Tabla N° 10: Cálculo de espesor de pared D-TK-02.

Se emplea la ecuación para cálculo de espesor mencionada anteriormente. El espesor del fondo y del cabezal será de 4,76 mm.

2.6. Tanque de almacenamiento D-TK-03

En este tanque se almacenará glicerina cruda (80%), subproducto del biodiesel. La glicerina cumple la función plastificante que permite la unión de los componentes y la conformación del polímero. Se necesitan 7.954,55 kg de glicerina por día. Se definió un stock de 7 días, lo que corresponde a 55,65 toneladas.

A partir de la densidad de la glicerina 80% p/p (1,23 g/ml) obtenemos el volumen a almacenar:

$$Volumen = \frac{55,65 \text{ Tn}}{1,23 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 45,24 \text{ m}^3$$

Volumen sobredimensionado (15%) (m³)	52,03
Perímetro elegido (m)	15
Diámetro (m)	4,77
Altura (m)	3
Volumen final (m³)	53,71

Tabla N° 11: Dimensionamiento D-TK-03.

El material para este tanque será acero al carbono. Deberá estar calefaccionado ya que la temperatura de congelamiento de la glicerina es alrededor de los 17°C. El cabezal será toriesférico y el fondo, plano.

Se muestran a continuación, los datos para el cálculo de espesor:

$$t = \left(2,60 \times D \times (H - 1) \times \frac{G}{E \times S} \right) + C$$

Diámetro del tanque (pies)	15,66
Altura del tanque (pies)	9,84
Peso específico relativo	1,23
Eficiencia de soldadura	0,85
Tensión admisible del material (psi)	11.250
Tolerancia de corrosión (pulgadas)	0,079
Espesor calculado (pulgadas)	0,12
Espesor calculado (mm)	3,16
Espesor mínimo por norma (mm)	4,76

Tabla N° 12: Cálculo de espesor de pared D-TK-03.

El espesor del fondo y del cabezal del tanque será también de 4,76 mm.

2.7. Tanque de almacenamiento D-TK-04

En este tanque se almacenará etanol que será empleado en el proceso de Deslignificación. Se necesitan 27.262,36 L/día de etanol, pero dado que se recuperará por evaporación y condensación un 50% del etanol utilizado en una primera etapa y 83% en una segunda etapa, y se recirculará al reactor L-R-02, se almacenará sólo el 17,65% del total.

$$\text{Caudal a reponer} = 27.262,36 \frac{\text{L}}{\text{d}} - 22.450,55 \frac{\text{L}}{\text{d}} = 4.811,81 \frac{\text{L}}{\text{d}}$$

Se define un stock de 2 días, lo que corresponde a 9.623,61 litros.

$$\text{Volumen} = \frac{9.623,61 \text{ L}}{1.000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}} = 9,62 \text{ m}^3$$

Volumen sobredimensionado (15%) (m³)	11,07
Perímetro elegido (m)	7,50
Diámetro (m)	2,39
Altura (m)	3
Volumen final (m³)	13,43

Tabla N° 13: Dimensionamiento D-TK-04.

El material para este tanque será acero al carbono.

Se muestran a continuación, los datos para el cálculo de espesor y la ecuación empleada:

$$t = \left(2,60 \times D \times (H - 1) \times \frac{G}{E \times S} \right) + C$$

Diámetro del tanque (pies)	7,83
Altura del tanque (pies)	9,84
Peso específico relativo	0,79
Eficiencia de soldadura	0,85
Tensión admisible del material (psi)	11.250
Tolerancia de corrosión (pulgadas)	0,079
Espesor calculado (pulgadas)	0,09
Espesor calculado (mm)	2,38
Espesor mínimo por norma (mm)	4,76

Tabla N° 14: Cálculo del espesor de pared D-TK-04.

El espesor del fondo y del cabezal del tanque será también de 4,76 mm.

2.8. Tanque de reserva D-TK-05

Se tendrá una reserva de agua ya que en el proceso se consumen grandes cantidades de este recurso. Se mantendrá una reserva para 2 días de producción, siendo de 347,48 toneladas.

Volumen (m³)	347,48
Volumen sobredimensionado (10%) (m³)	382,23
Cantidad de módulos	2
Altura (m)	5
Ancho (m)	6
Largo (m)	7
Volumen final (m³)	420

Tabla N° 15: Dimensionamiento D-TK-05.

Como puede verse, el tanque será de geometría rectangular. El material será hormigón armado.

2.9. Tanque ecualizador D-TK-06

Dado que en el proceso se generan dos corrientes principales de efluentes, una alcalina y otra ácida, se mezclarán las mismas para lograr una neutralización de las sustancias químicas presentes. Se enviarán a un tanque que cumplirá la función de ecualizar las corrientes.

El caudal de efluentes generados diariamente es de 40.410,50 kg. Se considera que deberá almacenarse una cantidad equivalente a 7 días de generación de efluentes, por lo tanto, se almacenarán 282,87 toneladas. Se considera que la densidad es cercana a 1 Tn/m³, por lo tanto, el volumen será:

$$Volumen = \frac{282,87 \text{ Tn}}{1 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 282,87 \text{ m}^3$$

Volumen sobredimensionado (15%) (m³)	325,31
Perímetro elegido (m)	24
Diámetro (m)	7,64
Altura (m)	7,50
Volumen final (m³)	343,78

Tabla N° 16: Dimensionamiento D-TK-06.

El material del tanque será hormigón armado.

Se contará con un módulo de tratamiento de efluentes industriales que permitirá recuperar parte del agua utilizada tratada y recircularla al tanque de reserva D-TK-05.

2.10. Tanque de almacenamiento D-TK-08

En el proceso de obtención de lignina se generan 9.056,90 kg/día de celulosa al 87,70%. Se almacenará para luego venderse a la industria papelerá. Se determina un stock para 12 días, dando como resultado 108,68 toneladas.

$$Volumen = \frac{106,68 \times 10^3 \text{ kg}}{1.500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 72,46 \text{ m}^3$$

Volumen sobredimensionado (10%) (m³)	79,70
Perímetro elegido (m)	15
Diámetro (m)	4,77
Altura (m)	4,50
Volumen final (m³)	80,57

Tabla N° 17: Dimensionamiento D-TK-08.

El material del tanque será acero al carbono por ser una sustancia que no presenta ninguna complicación para su almacenamiento. El cabezal del tanque será toriesférico y el fondo, plano.

A continuación, se muestran los datos para el cálculo del espesor del tanque y la ecuación empleada.

$$t = \left(2,60 \times D \times (H - 1) \times \frac{G}{E \times S} \right) + C$$

Diámetro del tanque (pies)	15,66
Altura del tanque (pies)	14,76
Peso específico relativo	1,50
Eficiencia de soldadura	0,85
Tensión admisible del material (psi)	11.250
Tolerancia de corrosión (pulgadas)	0,079
Espesor calculado (pulgadas)	0,17
Espesor calculado (mm)	4,23
Espesor mínimo por norma (mm)	4,76

Tabla N° 18: Cálculo del espesor de pared D-TK-08.

2.11. Depósito de polímero biodegradable

Se determinó mantener un stock de producto terminado para 7 días. La forma de venta del polímero biodegradable será como pellets en bolsas de 25 kg, en pallets de 20 bolsas. Se calcula a continuación, la cantidad y las dimensiones de los racks necesarios.

Cantidad producida por día (kg/día)	32.480
Stock para 7 días (kg)	227.360
Bolsas por 7 días	9.094,40
Pallets por 7 días	455
Dimensiones	
Alto (m)	4
Largo (m)	16
Profundidad (m)	2
Posiciones por rack	128
Racks necesarios	4

Tabla N° 19: Cálculo de racks necesarios para producto terminado.

Dimensiones	
Largo (m)	16
Ancho (m)	8

Tabla N° 20: Dimensiones de los racks de producto terminado.

2.12. Recinto de tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento y de efluentes se encontrarán dentro de un recinto general junto con el módulo de tratamiento de efluentes. Los tanques D-TK-01 y D-TK-02 se encontrarán dentro de recintos separados cada uno en una esquina en el recinto general. El área de los recintos internos será de 31,18 m² cada uno. A partir de esto, se calculará la altura necesaria de los recintos. El área disponible para cada recinto es la diferencia entre el área del recinto y el área de cada tanque:

$$\text{Área disponible} = 31,18 \text{ m}^2 - 6,45 \text{ m}^2 = 24,73 \text{ m}^2$$

El volumen de cada recinto deberá ser 10% más que el volumen de cada tanque:

$$\text{Volumen del recinto} = 19,34 \text{ m}^3 \times 1,10 = 21,27 \text{ m}^3$$

La altura de cada recinto deberá ser de al menos 0,86 m.

$$\text{Altura de cada recinto} = \frac{21,27 \text{ m}^3}{24,73 \text{ m}^2} = 0,86 \text{ m}$$

Para el cálculo del recinto se definirá un área total y se calculará la altura para asegurar un volumen del recinto 10% mayor que el volumen del tanque más grande. Deben sumarse las áreas ocupadas por cada tanque de almacenamiento y los recintos para definir el área no disponible.

Tanque	Área (m ²)
D-TK-03	17,91
D-TK-04	4,48
D-TK-06	45,84
D-TK-08	17,91
Módulo de tratamiento	36
Recintos D-TK-01 y 02	62,36
Total	184,50

Tabla N° 21: Área de almacenamiento ocupada.

El tanque de mayor volumen es el D-TK-06 de efluentes, por lo tanto, el recinto deberá poder contener un volumen 10% mayor.

Volumen de D-TK-06 (m ³)	343,78
Volumen del recinto general (m ³)	378,15

Tabla N° 22: Volumen del tanque mayor y volumen del recinto general.

El área total del recinto se selecciona a partir del área disponible en la zona de tanques.

$$\text{Área total} = 457 \text{ m}^2$$

El área libre es la diferencia entre el área total y el área ocupada por tanques, recintos y módulo de efluentes y a partir de la misma se definirá la altura del recinto.

$$\text{Área disponible} = 457 \text{ m}^2 - 184,50 \text{ m}^2 = 272,50 \text{ m}^2$$

La altura del recinto se calcula como sigue:

$$\text{Altura} = \frac{378,15 \text{ m}^3}{272,50 \text{ m}^2} = 1,40 \text{ m}$$

La altura de los recintos individuales será también de 1,40 m.

3. Obtención de lignina

Como se explicó en capítulos anteriores, el objetivo de este proceso es obtener la lignina contenida dentro de la cáscara de arroz, la cual representa aproximadamente el 17% de su composición. Para ello, primero se necesita remover la hemicelulosa de la cáscara para hacer más eficiente la deslignificación. Luego de las etapas de Pre-tratamiento y Deslignificación se deben separar las corrientes sólida y líquida, por lo que se realizan operaciones de centrifugación. Además, como se empleará etanol en la reacción de Deslignificación, se realizará a continuación la recuperación del solvente mediante evaporación y condensación.

Se listan a continuación, los equipos elegidos para el proceso de obtención de lignina a partir de cáscara de arroz:

Equipo	Código
Molino	L-M-01
Mezclador estático en línea	L-ME-01
Reactor de Pre-tratamiento	L-R-01
Centrífuga de discos	L-CD-01 a L-CD-03
Reactor de Deslignificación	L-R-02
Tanque de enfriamiento	L-TK-01
Evaporador	L-EV-01 y L-EV-02
Condensador	L-C-01
Mezclador dinámico en línea	L-MD-01
Transportador de tornillo	L-TT-01

Tabla N° 23: Listado de equipos – Obtención de lignina.

3.1. Molino L-M-01

Este equipo será un molino pulverizador que trabaja con un sistema de turbina de alto impacto, logra reducir las partículas eficazmente del tamaño que sean deseadas. Se empleará para reducir el tamaño de partícula de la cáscara de arroz hasta lograr un polvo uniforme. Debido a su gran versatilidad permite un amplio rango de tamaños de partícula iniciales.

A la salida del molino la granulometría se controla por medio de una malla intercambiable por la cual es expulsado el producto. Se utilizará un tamiz de número de malla número 45, es decir que se obtendrá un polvo de tamaño de partícula 355 micrones.

El caudal de cáscara de arroz a procesar es 1.168,33 kg/h.

3.1.1. Especificaciones técnicas

Se detallan las especificaciones del equipo seleccionado:

L-M-01	
Modelo	Pulvex 400 Super
Capacidad de procesamiento (kg/h)	1.200 a 1.800
Potencia del motor (HP)	40
Material	Acero resistente de alto impacto
Dimensiones	
Largo (m)	2,57
Ancho (m)	1,56
Altura (m)	3

Tabla N° 24: Especificaciones técnicas L-M-01.



Figura N° 1: Molino Pulvex 400 Super.

3.2. Mezclador L-ME-01

A este mezclador estático ingresará ácido sulfúrico concentrado (98%) y agua para producir una solución de ácido sulfúrico 0,1 M. Este dispositivo consta de unos elementos de mezcla contenidos en una carcasa cilíndrica y los elementos consisten en una serie de placas desviadoras de metal o plástico.

El diseño geométrico fijo de la unidad puede producir al mismo tiempo patrones de división de flujo y de mezcla radial.

División de flujo: En el flujo laminar un material procesado se divide en el borde de ataque de cada elemento del mezclador y sigue los canales creados por la forma del elemento. En cada elemento adicional, los dos canales se dividen de nuevo, dando lugar a un aumento exponencial en la estratificación. El número de estrías producidas es $2n$ donde n es el número de elementos en el mezclador estático.

Mezclado radial: Tanto con flujo turbulento como laminar, la circulación rotacional de un material procesado alrededor de su propio centro hidráulico en cada canal del mezclador produce mezcla radial del material. Los materiales procesados se entremezclan para reducir o eliminar los gradientes radiales de temperatura, velocidad y composición del material.

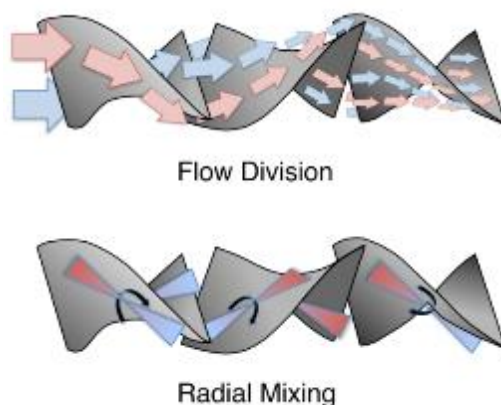


Figura N° 2: División de flujo y Mezclado radial en un mezclador estático.

El caudal de ácido sulfúrico concentrado a incorporar será 27,26 kg/h y el caudal de agua será 2.698,99 kg/h, dando un total de 2.726,25 kg/h de solución. Esto será controlado con caudalímetros máxicos en cada ingreso de líquido.

Debe calcularse el número de elementos del mezclador, para ello se calcula el régimen del fluido a través del equipo. Se calculará la velocidad del fluido para poder conocer el número de Reynolds y con él, ingresar en las tablas de diseño.

$$\dot{v} = \text{Caudal volúmetrico} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{2.726,25 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1.003,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2,72 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$A = \text{Sección de la cañería} = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0,0254 \text{ m})^2}{4} = 0,00051 \text{ m}^2$$

$$v = \text{Velocidad del fluido} = \frac{\dot{v}}{A} = \frac{2,72 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}}{0,00051 \text{ m}^2} = 1,49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La viscosidad de la solución H₂SO₄ 0,1 M se calcula ponderando las viscosidades de los componentes:

$$\mu = \text{Viscosidad H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,1 M} = \frac{1}{\frac{0,99}{0,889 \text{ cps}} + \frac{0,01}{25 \text{ cps}}} = 0,898 \text{ cps} \equiv 8,98 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

$$Re = \frac{D \times v \times \rho}{\mu} = 4,23 \times 10^4$$

Flow Regime	Reynold's Number (Re)	No. of Element	Number of Elements to add if Viscosity ratio between fluids exceeds 1000:1	Number of Elements to add if Volumetric ratio between fluids exceeds 100:1
Laminar	<1	24	6	6
	1-10	18	6	6
	11-50	14	6	6
	51-100	12	6	6
	101-500	10	6	6
Transitional	501-1000	8	4	4
	1001-2000	6	4	4
Turbulent	2001-5000	4	2	2
	5001 +	2	2	2

Tabla N° 25: Cantidad de elementos del mezclador estático según número de Reynolds.

El régimen es turbulento y según la Tabla N° 25: Cantidad de elementos del mezclador estático según número de Reynolds. corresponden 4 elementos. Pero deben agregarse 2 elementos más si los ratios de viscosidades y volúmenes superan lo indicado.

$$\text{Ratio de viscosidades} = \frac{25 \text{ cps}}{0,889 \text{ cps}} = 28,12 < 1.000$$

$$\text{Ratio de volúmenes} = \frac{2,699 \frac{\text{L}}{\text{h}}}{27,16 \frac{\text{L}}{\text{h}}} = 99,40 < 100$$

No se superan los límites indicados, pero como factor de seguridad se adicionan 2 elementos por estar el ratio de volúmenes muy cercano a 100.

A partir del siguiente gráfico del fabricante podemos conocer la caída de presión a través del mezclador con el caudal en gpm:

PRESSURE DROP PER ELEMENT VERSUS FLOWRATE
For 1" through 12" Diameter Static Mixers

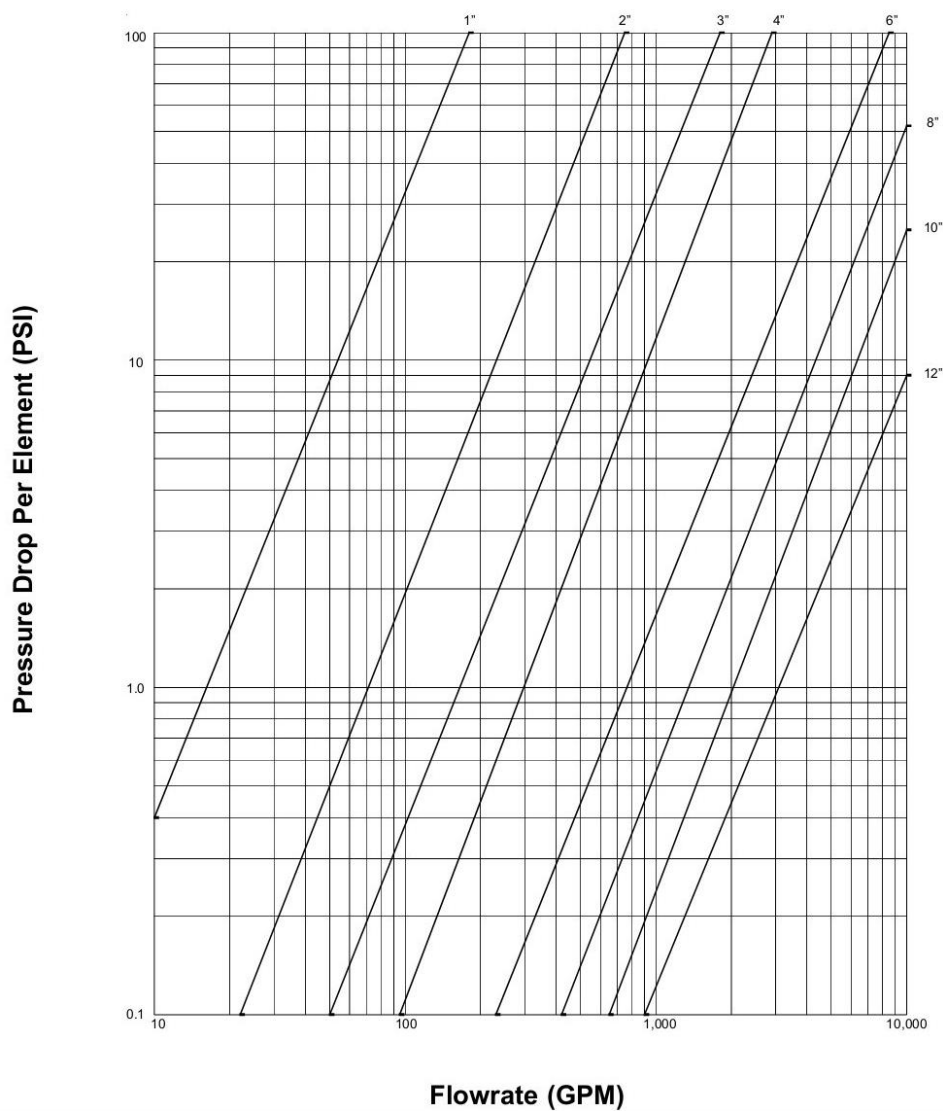


Figura N° 3: Gráfico de caída de presión por elemento para mezclador estático.

$$\text{Caudal volumétrico} = 2.715,93 \frac{L}{h} \times \frac{0,264 \text{ galón}}{1 L} \times \frac{1 h}{60 \text{ min}} = 11,95 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = \text{Caída de presión} = 0,40 \frac{\text{psi}}{\text{elemento}} \times 4 \text{ elementos} = 1,60 \text{ psi} \equiv 0,11 \text{ bar}$$

3.2.1. Especificaciones técnicas

Finalmente, las especificaciones del equipo son las siguientes:

L-ME-01	
Tipo	Estático
Modelo	SAN1-6R-S
Diámetro nominal (pulgada)	1
Diámetro interno (pulgada)	0,87
Caudal admisible (gpm)	1 – 15
Número de elementos	4
Largo (m)	0,22
Material	Titanio

Tabla N° 26: Especificaciones técnicas L-ME-01.

3.3. Reactor L-R-01

La reacción de Pre-tratamiento se llevará a cabo en un reactor agitado continuo. Involucrará la cáscara de arroz pulverizada y la solución de H₂SO₄ 0,1 M a 100°C y presión atmosférica. En esta etapa se rompen los enlaces de hemicelulosa, lo que permite eliminar este componente con la solución de H₂SO₄ y obtener cáscara pre-tratada compuesta principalmente por celulosa y lignina.

3.3.1. Dimensionamiento

El caudal diario a tratar en el reactor es 65,43 toneladas de H₂SO₄ 0,1 M y 28,04 toneladas de cáscara de arroz, dando un total de 3.894,58 kg/h. Se determinó que el tiempo de residencia será de 45 minutos. A continuación, se detallan las densidades de los componentes y de la mezcla:

Densidad H₂SO₄ 0,1 M (kg/m³)	1.003,80
Densidad cáscara de arroz (kg/m³)	1.400
Densidad mezcla (kg/m³)	1.096,93

Tabla N° 27: Densidad de la mezcla H₂SO₄ 0,1 M y cáscara de arroz.

A partir de los datos anteriores se calcula el volumen de mezcla:

$$\text{Volumen de mezcla} = \frac{3.894,58 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,75 \text{ h}}{1.096,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2,66 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento	
Volumen de mezcla (m ³)	2,66
Espacio ocupado	80%
Sobredimensionamiento	15%
Volumen sobredimensionado (m ³)	3,83
Perímetro (m)	6
Altura (m)	1,50
Diámetro (m)	1,91
Volumen final (m ³)	4,30

Tabla N° 28: Dimensionamiento L-R-01.

3.3.2. Presión de diseño

Se calcula la altura del fluido en el reactor y la presión hidrostática de la siguiente manera:

$$h = \text{Altura del fluido} = \frac{V}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = \frac{2,66 \text{ m}^3}{\pi \times \frac{(1,91 \text{ m})^2}{4}} = 0,93 \text{ m}$$

$$P_h = \rho \times g \times h = 1.096,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \text{ m}^2 \times 0,93 \text{ m} = 10.002,27 \text{ Pa} \equiv 0,10 \text{ bar}$$

La presión de operación será la presión externa dado que se utiliza vapor saturado a 5 bar en la media caña de calefacción exterior. Finalmente, la presión de diseño será:

$$P_{\text{diseño}} = (P_h + P_{\text{operación}}) \times 1,15 = (0,10 \text{ bar} + 5 \text{ bar}) \times 1,15 = 5,87 \text{ bar}$$

3.3.3. Cálculo del espesor de la envuelta

Se emplea el Apéndice EE del código ASME Sección VIII División 1. Según fuentes consultadas, es un error asumir que el recipiente debe estar diseñado para la presión externa; esto solo es cierto si existe otra fuente de presión externa distinta a la presión en la camisa del medio tubo. Por lo tanto, para el cálculo del espesor del recipiente se utiliza la regla UG-27 del Apéndice U del código.

La ecuación empleada para el cálculo del espesor del reactor es:

$$t = \text{Espesor de pared} = \frac{P_d \times R}{S \times E - 0,60 \times P_d} + C$$

Los datos son los siguientes:

Presión de diseño (psi) / (bar)	85,07 / 5,87
Radio interno (R) (pulgada)	37,60
Tensión admisible del material (S) (psi)	33.000
Eficiencia de soldadura (E)	0,85
Tolerancia de corrosión (C) (pulgada)	0,16

Tabla N° 29: Datos para el cálculo de espesor L-R-01.

El radio interno equivale a la mitad del diámetro del tanque:

$$R = \frac{1,91 \text{ m}}{2} \times \frac{1 \text{ pulgada}}{0,0254 \text{ m}} = 37,60 \text{ pulgadas}$$

El material de este reactor será el acero SAF 2507 ya que es capaz de resistir químicamente soluciones de ácido sulfúrico menores al 10% p/p a temperaturas hasta los 100°C. La tensión admisible de este acero se obtuvo del catálogo del fabricante.

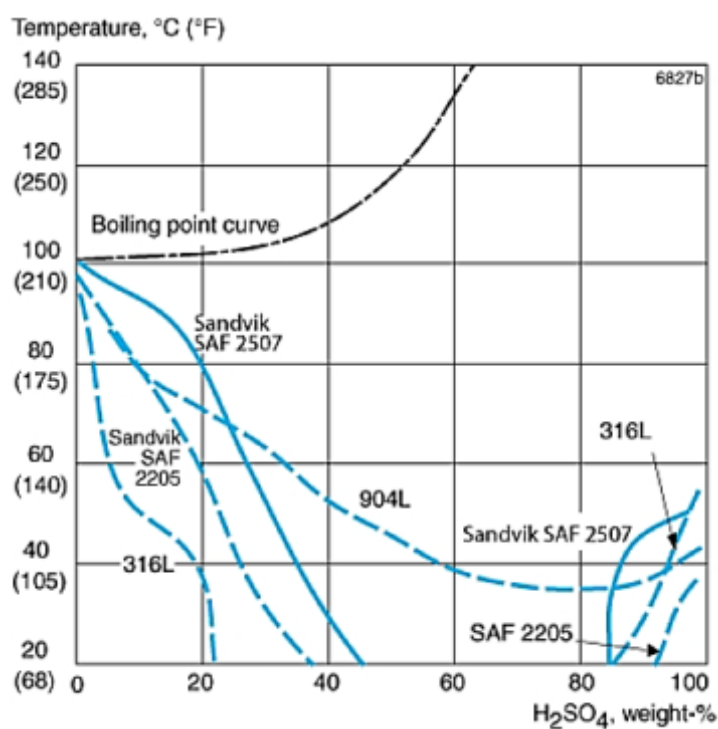


Figura N° 4: Diagrama de isocorrosión para soluciones de H₂SO₄.

El espesor obtenido es:

$$t = \frac{85,07 \text{ psi} \times 37,60 \text{ pulgadas}}{33.000 \text{ psi} \times 0,85 - 0,60 \times 85,07 \text{ psi}} + 0,16 \text{ pulgadas} = 0,27 \text{ pulgadas} \equiv 7 \text{ mm}$$

El sistema de calentamiento del reactor estará conformado por una camisa de media caña por la que circulará vapor a 5 bar de presión. Se calcula a continuación, el espesor de la media caña a partir del Apéndice EE. Las características del sistema de calentamiento son:

P₁=Presión en la camisa media caña (bar) / (psi)	5 / 72,52
Material de la camisa	Acero al carbono
S₁=Tensión máxima admisible del material (psi)	11.250
Diámetro nominal (plg)	2
SCH	10
Diámetro interno (plg)	2,07
r=Radio interno de la media caña (plg)	1,03

Tabla N° 30: Características de la camisa de media caña.

- Máxima presión interna admisible P'

Debe determinarse P' a partir de la siguiente expresión:

$$P' = \frac{F}{K}$$

Siendo: P' = Máxima presión interna admisible en la camisa (psi)

$$F = 1,5 \times S - S' \text{ (psi)}$$

S = Tensión máxima admisible a la temperatura de diseño del recipiente (psi)

S' = Tensión longitudinal real en la cubierta debido a la presión interna y otras fuerzas axiales (psi)

K = Factor obtenido de gráficos.

$$S' = \frac{P \times R}{2 \times t} = \frac{85,07 \text{ psi} \times 37,60 \text{ plg}}{2 \times 0,27 \text{ plg}} = 5.923,40 \text{ psi}$$

$$F = 1,5 \times 33.000 \text{ psi} - 5.923,40 \text{ psi} = 43.576,60 \text{ psi}$$

El factor K se obtiene de los gráficos para NPS (Nominal Pipe Size) 2, 3 o 4. La cañería de la camisa de media caña será de 2 pulgadas como se verá en el diseño del sistema de calentamiento; por lo tanto, se selecciona un valor de K de los siguientes gráficos para un espesor del recipiente de 0,27 plg y diámetro 75,20 plg.

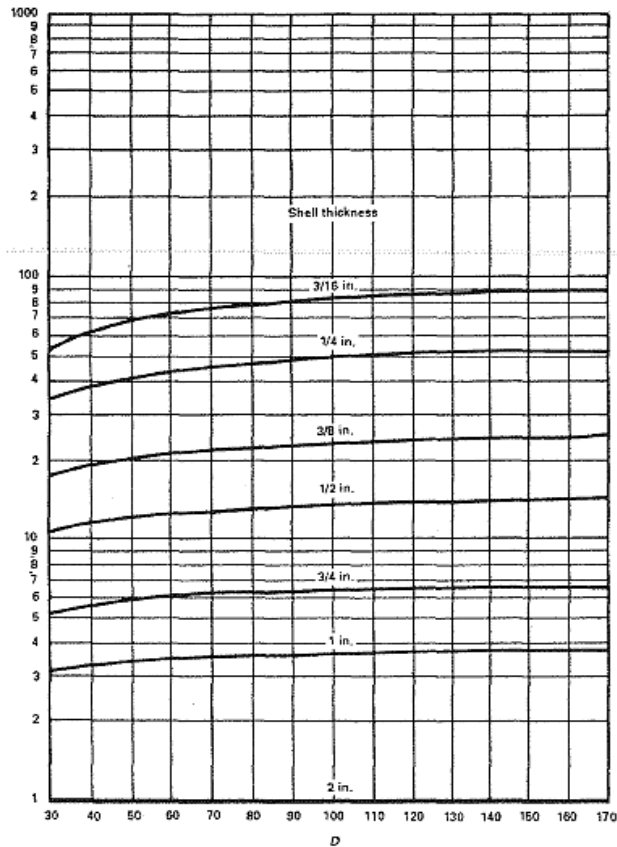


Figura N° 5: Factor K para camisa de caña de NPS 2.

$$K = 45$$

$$P' = \frac{F}{K} = \frac{43.576,60 \text{ psi}}{45} = 968,37 \text{ psi} > 72,52 \text{ psi}$$

La máxima presión admisible dentro de la media caña es superior a la presión de operación.

- Espesor mínimo de la camisa de media caña

Se determina a partir de la siguiente expresión:

$$T = \frac{(P_1 \times r)}{(0,85 \times S_1 - 0,6 \times P_1)}$$

$$T = \frac{72,52 \text{ psi} \times 1,03 \text{ plg}}{0,85 \times 11.250 \text{ psi} - 0,6 \times 72,52 \text{ psi}} = 0,008 \text{ plg}$$

Finalmente, el espesor de la media caña es según el Schedule seleccionado de 0,154 plg lo cual cumple con el requerimiento.

3.3.4. Cabezal y fondo

El cabezal y el fondo del reactor serán toriesféricos tipo Klopper. El espesor será también 7 mm.

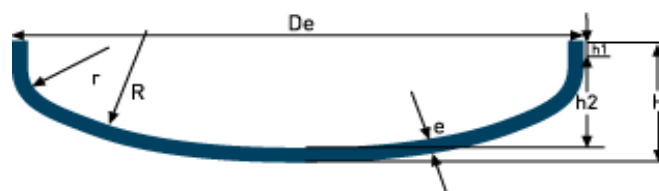


Figura N° 6: Esquema de fondo tipo Klopper. L-R-01.

Se detallan las dimensiones:

Dimensionamiento	
Espesor (mm)	7
Radio de corona (R) (m)	1,91
Radio de rodilla (r) (m)	0,19
Parte recta (h ₁) (m)	0,0245
Altura de tapa (h ₂) (m)	0,37
Altura de cabezal (H) (m)	0,40
Altura de la superficie cilíndrica (H _c) (m)	0,70

Tabla N° 31: Dimensiones del cabezal y fondo de L-R-01.

Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$R = D$$

$$r = \frac{R}{10}$$

$$h_1 = 3,50 \times t$$

$$H = h_1 + h_2 + t$$

$$H_c = H - 2 \times H_{reactor}$$

3.3.5. Cálculo del agitador

Se ha seleccionado para este reactor un agitador de turbina de 6 palas inclinadas para ayudar a suspender la cáscara pulverizada en la solución.

Las dimensiones se calculan con las siguientes relaciones y se muestran esquematizadas en la Figura N° 6:

$$\frac{H}{D} = 1 \qquad \frac{E}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{D_a}{D} = \frac{1}{3} \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{12} \qquad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

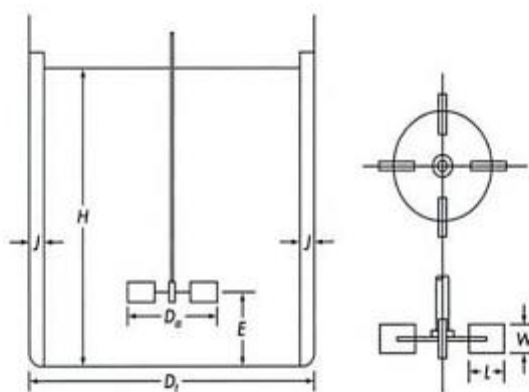


Figura N° 7: Esquema de un agitador de paletas.

Dimensiones	
H (m)	0,93
D (m)	1,91
D _a (m)	0,64
J (m)	0,16
E (m)	0,64
W (m)	0,13
L (m)	0,16

Tabla N° 32: Dimensiones del agitador de turbina L-R-01.

La velocidad de agitación se definió como 100 rpm. El reactor contará con 4 deflectores para impedir la formación de vórtices, generar mayor turbulencia y mejorar el mezclado.

Para calcular la potencia consumida por la agitación se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = Np \times N^3 \times D_a^5 \times \rho$$

Donde:

$N_p = \text{Número de potencia}$

$SAF\ 2507\ N = \text{Velocidad de agitación en rps}$

$D_a = \text{Diámetro del agitador en m}$

$\rho = \text{Densidad de la mezcla en } \frac{kg}{m^3}$

Para conocer el N_p se utiliza el siguiente gráfico y el número de Reynolds.

$$Re = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{1,67\ s^{-1} \times (0,64\ m)^2 \times 1.096,93\ \frac{kg}{m^3}}{4 \times 10^{-4}\ \frac{kg}{ms}} = 1,85 \times 10^6$$

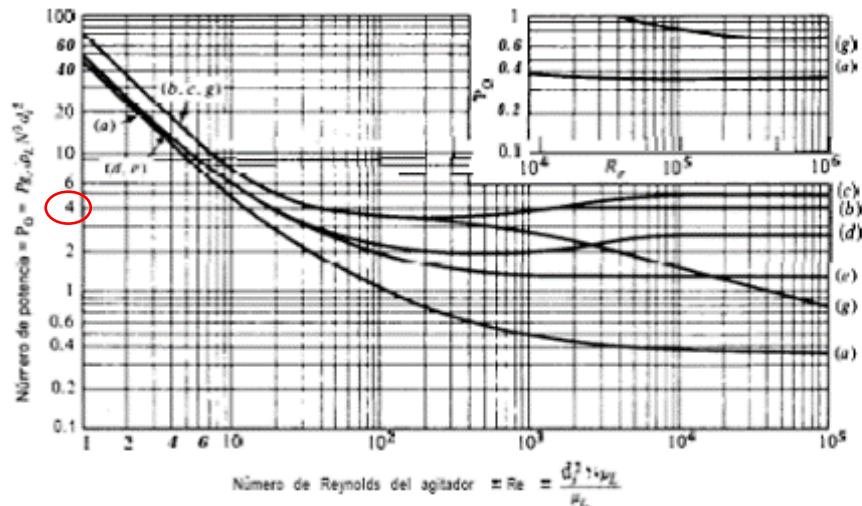


Figura 65 Potencia para la agitación de impulsores sumergidos en líquidos de una sola fase con una superficie gas/líquido [excepto curvas (c) y (g)]. Las curvas corresponden a los impulsores de la figura 6.3: (a) impulsores marinos, (b) turbinas de hoja plana, $w = d_i/5$, (c) turbinas de disco de hoja plana

Figura N° 8: Gráfico de Número de Potencia vs. Re.

La potencia consumida es:

$$P = 4 \times (1,67\ s^{-1})^3 \times (0,64\ m)^5 \times 1.096,93\ \frac{kg}{m^3} = 2.124,20\ W$$

$$\text{Potencia del agitador} = 2,12\ kW \times \frac{1\ HP}{0,746\ kW} = 2,84\ HP$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{P_{agitador}}{\text{eficiencia}} = \frac{2,84\ HP}{0,80} = 3,55\ HP$$

A partir de la eficiencia supuesta de 0,80 se determina que la potencia del motor será de 5 HP, ya que es la potencia que se ofrece en el mercado.

3.3.6. Sistema de calentamiento

La mezcla dentro del reactor debe mantenerse a 100°C. Se decide utilizar un sistema de camisa de media caña exterior para evitar la deposición de sólidos en el serpentín. A continuación, se presentan las características:

Fluido de calentamiento	Vapor de agua a 5 bar
Energía térmica requerida (MJ/h)	1.016,80
Temperatura de entrada del vapor (°C)	152
Temperatura de salida del vapor condensado (°C)	152
Temperatura de entrada de la mezcla (°C)	25
Temperatura de salida de la mezcla (°C)	100
DTML (°C)	84
Caudal (kg/h)	482,37

Tabla N° 33: Datos para el diseño del sistema de calentamiento L-R-01.

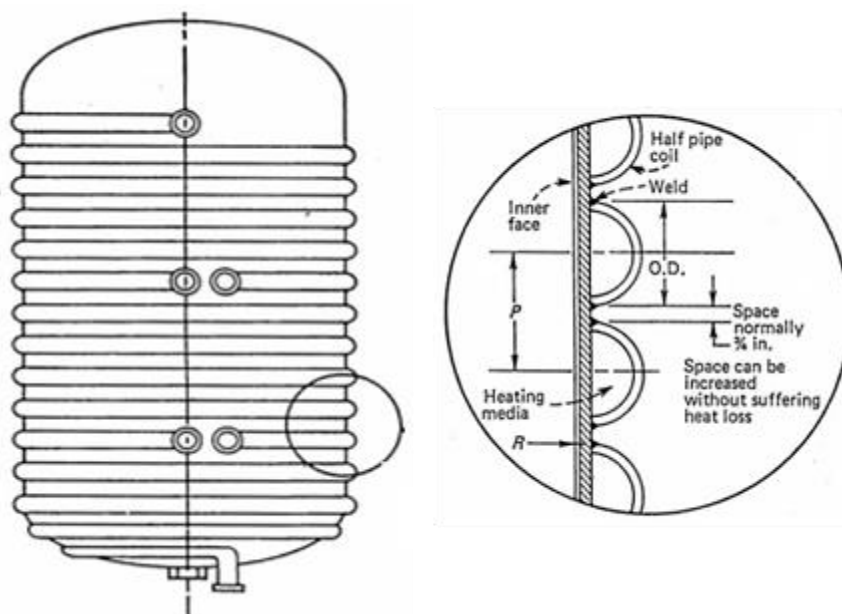


Figura N° 9: Esquema de una camisa de media caña.

Para conocer el área del sistema de media caña deben calcularse los coeficientes peliculares dentro del reactor y dentro del serpentín.

3.3.6.1. Cálculo del coeficiente pelicular h_i

Para calcular el coeficiente pelicular dentro del reactor utilizamos la siguiente ecuación con los parámetros obtenidos del libro “Chemical Reactor Design for Process Plants”, de Howard Rase para reactores encamisados:

$$\frac{h_i \times d_{ext}}{k} = 0,73 \times \left(\frac{\rho \times N \times D_a^2}{\mu} \right)^{0,65} \times \left(\frac{c_p \times \mu}{k} \right)^{0,33} \times \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,24}$$

Table 8.6 Summary of Recommended Correlations for Heat-Transfer Coefficient on Agitated Side

General Equation: $\frac{h(L)}{\lambda_f} = \alpha \left(\frac{\rho N D_i^2}{\mu} \right)^m \left(\frac{c_p \mu}{\lambda_f} \right)^b \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^c$ (other terms)										
Agitator Type	Transfer Surface	Approx. Reynolds Number Range	L	α	m	b	c	Other Terms	Additional Comments	Ref.
Turbine 6-blade, flat (baffled)	jacket	10-10 ⁵	D	0.73	0.65	0.33	0.24	—	Use for standard configuration. See p. 357 for details	1,25
	coil	400-1.5 × 10 ⁶	d_{ca}	0.17	0.67	0.37	See Note 1	$\left(\frac{D_i}{D} \right)^{0.1} \left(\frac{d_{ca}}{D} \right)^{0.3}$	See Note 2. Applies for standard configuration with $D_c/D = 0.7$ and $S_c/d_{ca} = 2-4$; $Z_c/D = 0.15$	29

Tabla N° 34: Parámetros recomendados para transferencia de calor en reactores agitados.

Las propiedades de la mezcla se calculan ponderando las propiedades de los componentes individuales a la temperatura de operación.

Número de Reynolds	1,85 × 10 ⁶
Calor específico de la mezcla (J/kg°C)	3.481
Viscosidad de la mezcla (kg/ms)	4 × 10 ⁻⁴
Conductividad térmica de la mezcla (W/m°C)	0,49
Diámetro del tubo de media caña (d) (plg)	2
Diámetro de la media caña (d_{ext}) (m)	1,96

Tabla N° 35: Datos para el cálculo de h_i en L-R-01.

Finalmente, el coeficiente pelicular de transferencia para el lado interior del reactor es:

$$h_i = 0,73 \times (1,85 \times 10^6)^{0,65} \times \left(\frac{3,481 \frac{J}{kg^\circ C} \times 4 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{0,49 \frac{J}{s m^\circ C}} \right)^{0,33} \times \frac{0,49 \frac{W}{m^\circ C}}{1,96 m}$$

$$h_i = 3.838,73 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

$$h_{io} = h_i \times \frac{D}{d_{ext}} = 3.838,73 \frac{W}{m^2 \circ C} \times \frac{1,91 m}{1,96 m} = 2.959,14 \frac{W}{m^2 \circ C}$$

3.3.6.2. Cálculo del coeficiente pelicular h_o

Dentro de la media caña circulará vapor saturado que condensará. Se calcula el coeficiente pelicular con la siguiente ecuación para condensación dentro de tubos horizontales.

$$h_o = 1,51 \times \left(\frac{k^3 \times \rho^2 \times g}{\mu^2} \right)^{\frac{1}{3}} \times Re^{-\frac{1}{3}}$$

Datos del vapor condensado	
Conductividad térmica del condensado (W/m°C)	0,687
Densidad del condensado (kg/m ³)	915,28
Viscosidad del condensado (kg/ms)	1,81 x 10 ⁻⁴
Sección del tubo (m ²)	0,00158

Tabla N° 36: Datos para el cálculo de h_o en L-R-01.

La sección del tubo de media caña se calcula como:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{8} = \frac{\pi \times (0,0508 m)^2}{8} = 0,001 m^2$$

Se calcula a continuación, la velocidad del fluido por tubos y el diámetro equivalente para poder calcular el número de Reynolds.

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \times A} = \frac{\left(482,37 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s} \right)}{915,28 \frac{kg}{m^3} \times 0,001 m^2} = 0,145 \frac{m}{s}$$

$$D_h = 0,1308 \times d = 0,0066 m$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D_h}{\mu} = \frac{915,28 \frac{kg}{m^3} \times 0,145 \frac{m}{s} \times 0,0066 m}{1,81 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 4.583,82$$

$$h_o = 1,51 \times \left(\frac{\left(0,687 \frac{W}{m^{\circ}C} \right)^3 \times \left(915,28 \frac{kg}{m^3} \right)^2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}}{\left(1,81 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} \times 4.583,82^{-\frac{1}{3}} = 3.864,08 \frac{W}{m^2 \circ C}$$

Se verifica que la velocidad del vapor ronde los valores sugeridos de 25 a 30 m/s:

$$Velocidad\ del\ vapor = \frac{\dot{m}}{\rho_v \times \pi \times \left(\frac{d}{2} \right)^2} = \frac{482,37 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{2,67 \frac{kg}{m^3} \times \pi \times \left(\frac{0,0508 m}{2} \right)^2} = 24,78 \frac{m}{s}$$

3.3.6.3. Dimensionamiento de la media caña

Para calcular el área y la longitud de la media caña debe calcularse el coeficiente global de transferencia.

$$U_C = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{2.959,14 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \times 3.864,08 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}}{2.959,14 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} + 3.864,08 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}} = 1.675,80 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Los factores de ensuciamiento para los fluidos son los siguientes:

$$R_{d_1} (\text{mezcla } H_2SO_4 \text{ } 0,1M \text{ y cáscara de arroz}) = 0,0009 \frac{m^2}{W \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$R_{d_2} (\text{vapor de agua}) = 0,0001 \frac{m^2}{W \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Se tomó el factor de ensuciamiento de aceites pesados o combustóleo para la mezcla dentro del reactor.

El coeficiente de transferencia global sucio son:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_{d_1} + R_{d_2} = \frac{1}{1.675,80 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}} + (0,0009 + 0,0001) \frac{m^2}{W \text{ } ^\circ\text{C}} = 0,0016 \frac{m^2}{W \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$U_D = 626,28 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

La longitud y las vueltas que deberá tener la media caña se calcula como sigue:

$$\text{Área de transferencia} = A = \frac{\dot{Q}}{U_D \times DTML} = \frac{1.016,80 \frac{MJ}{h} \times \frac{10^6 J}{1 MJ} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{626,28 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \times 84 \text{ } ^\circ\text{C}} = 5,37 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de la media caña} = L = \frac{A}{d} = \frac{5,37 \text{ m}^2}{0,0508 \text{ m}} = 105,71 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de vueltas} = \frac{L}{\pi \times D} = \frac{105,71 \text{ m}}{\pi \times 1,91 \text{ m}} = 17,62 \rightarrow 18 \text{ vueltas}$$

$$\text{Separación entre vueltas} = \frac{H - N \times d}{N - 1} = \frac{1,50 \text{ m} - 18 \times 0,0508 \text{ m}}{18 - 1} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 3,44 \text{ cm}$$

3.3.7. Especificaciones técnicas

L-R-01	
Altura (m)	1,50
Diámetro (m)	1,91
Volumen (m ³)	4,30
Presión de diseño (bar)	5,87
Material	Acero SAF 2507
Espesor de la envuelta (mm)	7
Cabezal y fondo	Toriesférico tipo Klopper
Espesor de cabezal y fondo (mm)	7
Agitador y deflectores	
Tipo	Turbina de 6 palas inclinadas
Material	Acero SAF 2507
Cantidad de deflectores	4
Diámetro del agitador D _a (m)	0,64
Ancho del deflector J (m)	0,16
Distancia desde el fondo del reactor al agitador E (m)	0,64
Ancho de las palas del agitador W (m)	0,13
Longitud de las palas del agitador L (m)	0,16
Velocidad de agitación (rpm)	100
Potencia del motor (HP)	4
Sistema de calentamiento	
Tipo	Camisa de media caña
Fluido térmico	Vapor saturado a 5 bar
Caudal (kg/h)	482,37
Diámetro de tubo de media caña (pulgada)	2
Área de transferencia (m ²)	5,37
Longitud (m)	105,70
Cantidad de vueltas	18
Separación entre vueltas (cm)	3,44

Tabla N° 37: Especificaciones técnicas L-R-01.

3.4. Centrífuga de discos L-CD-01

Luego del pre-tratamiento de la cáscara de arroz, debe separarse la fracción líquida compuesta por hemicelulosa y solución de H_2SO_4 0,1 M de la cáscara pre-tratada, principalmente celulosa, lignina y otros compuestos orgánicos. Se utilizará una centrífuga de discos, cuyo esquema se presenta en la siguiente figura.

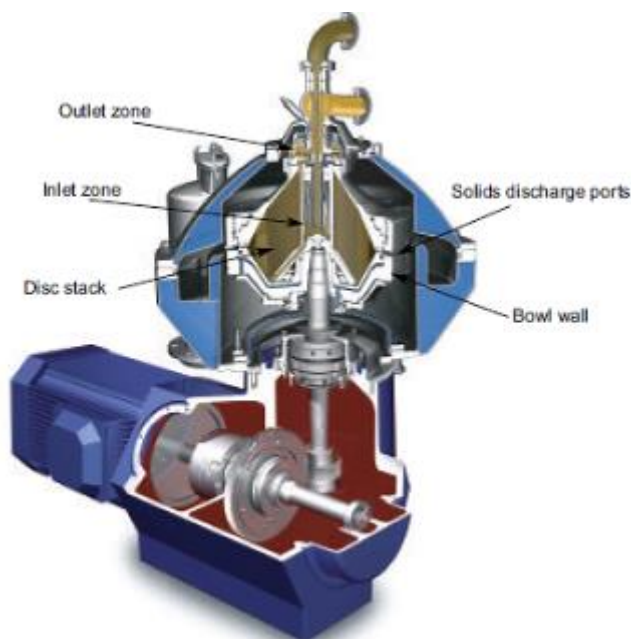


Figura N° 10: Esquema de una centrífuga de discos.

Una centrífuga de discos es básicamente un tanque de sedimentación cuya base se envuelve alrededor de una línea central. Al hacer rotar esta unidad rápidamente el efecto de la gravedad se reemplaza por una fuerza centrífuga controlable que puede tener un efecto hasta 10.000 veces mayor.

La centrífuga de discos contiene un eje de rotación vertical y discos cónicos apilados unos encima de otros, separados por distancias muy pequeñas. Además, estos discos poseen orificios pequeños que permiten el flujo del material entre ellos. El fluido a centrifugar se introduce por el centro del eje de rotación. El fluido cae al fondo del recipiente del equipo. Como los discos se encuentran rotando a altísimas velocidades, el fluido asciende. Los sólidos más densos del fluido son impulsados por la acción de la fuerza centrífuga lejos del eje de rotación contra las paredes del recipiente. La fase líquida menos densa forma capas internas concéntricas al eje.

La inserción de la pila de discos proporciona una superficie de asentamiento adicional, lo que contribuye a acelerar el proceso de separación. Los discos tienen una forma cónica de manera tal que las partículas más densas que caen sobre ellos, resbalan para terminar contra la orilla del equipo. En esa orilla, o borde interno son recolectados estos sedimentos densos que se descargan por los puertos o válvulas de descarga.

La fase de sólidos concentrados formada por las partículas se puede remover de forma continua, intermitente o manual.

La fase líquida clarificada se desborda cerca del eje giratorio, en el área de salida en la parte superior del recipiente. La descarga de líquido se hace a través de un disco impulsor o impeller que es un disco de emparejamiento estacionario con canales especialmente diseñados. Este disco desacelera el líquido giratorio y transforma la energía cinética de esto en presión, empujando así el líquido fuera del separador a través de los canales en el disco. La presión necesaria para el proceso en particular normalmente está regulada por una válvula en la salida.

La centrífuga de discos elegida para esta etapa del proceso es el modelo Clara 80 de Alfa Laval. El caudal a tratar es de 3.894,58 kg/h de mezcla de cáscara de arroz y solución de H₂SO₄ 0,1 M.

El caudal volumétrico es:

$$\text{Caudal volumétrico} = \frac{3.894,58 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1.096,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 3,55 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.4.1. Especificaciones técnicas

Se muestran a continuación las especificaciones técnicas de la centrífuga seleccionada:

L-CD-01	
Tipo	De discos
Modelo	Clara 80
Capacidad de procesamiento (m³/h)	9
Velocidad de giro del recipiente (rpm)	8.400
Volumen para líquido (L)	2,20
Volumen para lodos (L)	2,10
Potencia del motor (HP)	15
Materiales	Alloy 32760/AISI 318/AISI 316
Dimensiones	
Largo (m)	1,815
Ancho (m)	0,975
Altura (m)	1,545

Tabla N° 38: Especificaciones técnicas L-CD-01

3.5. Reactor L-R-02

La reacción de Deslignificación se llevará a cabo en un reactor agitado continuo donde se mezcla la cáscara de arroz pre-tratada, es decir, sin hemicelulosa, con solución de NaOH al 50% p/p y etanol a una temperatura de 160°C. En esta etapa, se rompen los enlaces de lignina generando moléculas más pequeñas que pueden ser separadas de la celulosa. En un medio polar y básico como el de etanol y solución de NaOH, la lignina se mantiene solubilizada.

3.5.1. Dimensionamiento

El caudal diario de cáscara pre-tratada es de 19,63 toneladas y el caudal diario de etanol y solución de NaOH es de 46,76 toneladas, dando un total de 2.766,40 kg/h. Definiendo un tiempo de residencia de 1 hora, puede conocerse el volumen de la mezcla. A continuación, se detallan las densidades de los componentes y de la mezcla a la temperatura de operación:

Densidad de la cáscara de arroz (kg/m³)	1.400
Densidad de NaOH 1,80% p/p (kg/m³)	977,62
Densidad del etanol (kg/m³)	620,75
Densidad de la mezcla (kg/m³)	891,13

Tabla N° 39: Densidad de los componentes y la mezcla de cáscara de arroz y solución de etanol y NaOH.

A partir de los datos anteriores se calcula el volumen de mezcla:

$$\text{Volumen de mezcla} = \frac{2.766,40 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 1 \text{ h}}{891,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 3,10 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento	
Volumen de mezcla (m³)	3,10
Espacio ocupado	85%
Sobredimensionamiento	15%
Volumen sobredimensionado (m³)	4,20
Perímetro (m)	6
Altura (m)	1,50
Diámetro (m)	1,91
Volumen final (m³)	4,30

Tabla N° 40: Dimensionamiento L-R-02.

3.5.2. Presión de diseño

Se calcula la altura del fluido en el reactor y la presión hidrostática de la siguiente manera:

$$h = \text{Altura del fluido} = \frac{V}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = \frac{3,10 \text{ m}^3}{\pi \times \frac{(1,91 \text{ m})^2}{4}} = 1,08 \text{ m}$$

$$P_h = \rho \times g \times h = 891,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \text{ m}^2 \times 1,08 \text{ m} = 9.473,09 \text{ Pa} \equiv 0,09 \text{ bar}$$

La presión de operación será de 13 bar, ya que debe evitarse la evaporación del etanol a la temperatura de operación de 160°C. Esto es a fines de prevenir que los vapores de solvente arrastren el sólido y disminuya el rendimiento de la reacción. Finalmente, la presión de diseño será:

$$P_{\text{diseño}} = (P_h + P_{\text{operación}}) \times 1,15 = (0,09 \text{ bar} + 13 \text{ bar}) \times 1,15 = 15,06 \text{ ba}$$

3.5.3. Cálculo del espesor de la envuelta

La ecuación empleada para el cálculo del espesor del reactor es:

$$t = \text{Espesor de pared} = \frac{P_d \times R}{S \times E - 0,60 \times P_d} + C$$

Los datos son los siguientes:

Presión de diseño (psi)	218,41
Radio interno (R) (pulgada)	37,60
Tensión admisible del material (S) (psi)	15.100
Eficiencia de soldadura (E)	0,85
Tolerancia de corrosión (C) (pulgada)	0,12

Tabla N° 41: Datos para el cálculo de espesor L-R-02.

El radio interno equivale a la mitad del diámetro del tanque.

$$R = \frac{1,91 \text{ m}}{2} \times \frac{1 \text{ pulgada}}{0,0254 \text{ m}} = 37,60 \text{ pulgadas}$$

El material de este reactor será el acero 904L, ya que es capaz de resistir químicamente soluciones de NaOH a temperaturas elevadas.

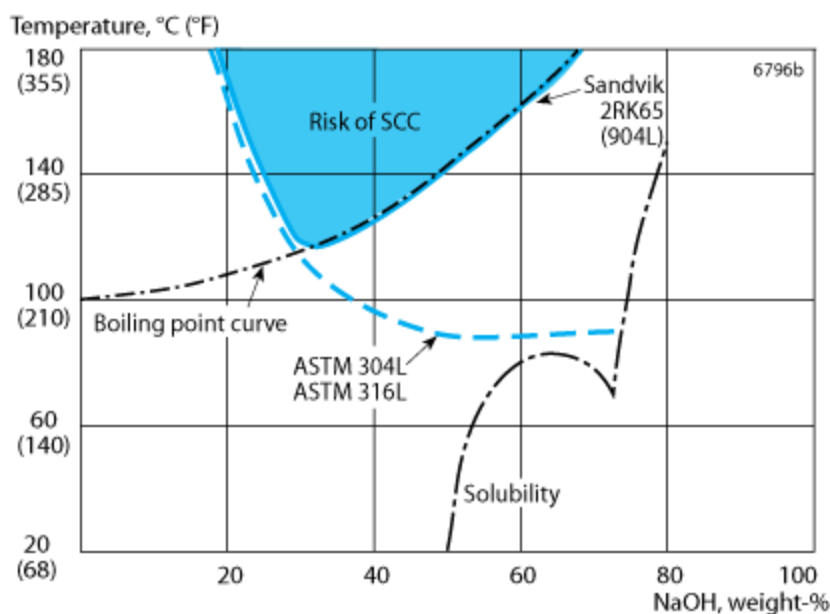


Figura N° 11: Diagrama de isocorrosión para soluciones de NaOH.

El espesor obtenido es:

$$t = \frac{218,41 \text{ psi} \times 37,60 \text{ pulgadas}}{15.100 \text{ psi} \times 0,85 - 0,60 \times 218,41 \text{ psi}} + 0,12 \text{ pulgadas} = 0,76 \text{ pulgadas} \equiv 20 \text{ mm}$$

3.5.4. Cabezal y fondo

El cabezal y el fondo del reactor serán toriesféricos tipo Klopper. El espesor será también de 20 mm. Se detallan las dimensiones:

Dimensionamiento	
Espesor (mm)	20
Radio de corona (R) (m)	1,91
Radio de rodilla (r) (m)	0,19
Parte recta (h₁) (m)	0,07
Altura de tapa (h₂) (m)	0,36
Altura de cabezal (H) (m)	0,45
Altura de la superficie cilíndrica (H_c) (m)	0,60

Tabla N° 42: Dimensiones del cabezal y fondo L-R-02.

Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$R = D$$

$$r = \frac{R}{10}$$

$$h_1 = 3,50 \times t$$

$$H = h_1 + h_2 + t$$

$$H_c = H - 2 \times H_{reactor}$$

3.5.5. Cálculo del agitador

Para este reactor también se empleará un agitador de turbina de 6 palas inclinadas para ayudar a suspender la cáscara de arroz en la solución.

Las dimensiones se calculan con las mismas relaciones que en el reactor L-R-01 y se muestran esquematizadas en la Figura N°:

$$\frac{H}{D} = 1 \qquad \frac{E}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{D_a}{D} = \frac{1}{3} \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{12} \qquad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Dimensiones	
H (m)	1,08
D (m)	1,91
D _a (m)	0,64
J (m)	0,16
E (m)	0,64
W (m)	0,13
L (m)	0,16

Tabla N° 43: Dimensiones del agitador de turbina L-R-02.

La velocidad de agitación se definió como 130 rpm. El reactor contará con 4 deflectores para impedir la formación de vórtices, generar mayor turbulencia y mejorar el mezclado.

Para calcular la potencia consumida por la agitación se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = Np \times N^3 \times D_a^5 \times \rho$$

Donde:

Np = Número de potencia

N = Velocidad de agitación en rps

D_a = Diámetro del agitador en m

ρ = Densidad de la mezcla en $\frac{kg}{m^3}$

Para conocer el N_p se utiliza el siguiente gráfico y el número de Reynolds.

$$Re = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{2,17 \text{ s}^{-1} \times (0,64 \text{ m})^2 \times 891,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{5,90 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}} = 1,33 \times 10^6$$

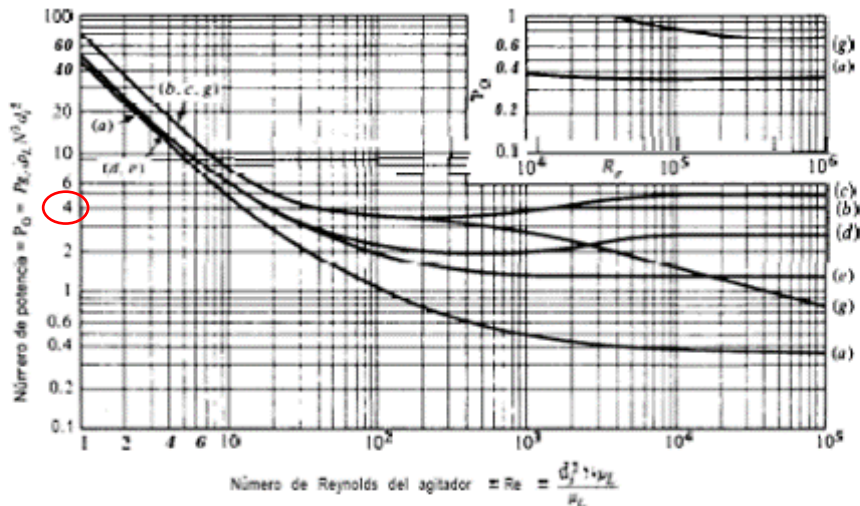


Figura 65 Potencia para la agitación de impulsores sumergidos en líquidos de una sola fase con una superficie gas/líquido [excepto curvas (c) y (g)]. Las curvas corresponden a los impulsores de la figura 63: (a) impulsores marinos, (b) turbinas de hoja plana, $w = d_a/5$, (c) turbinas de disco de hoja plana

Figura N° 12: Gráfico de Número de Potencia vs Re.

La potencia consumida es:

$$P = 4 \times (2,17 \text{ s}^{-1})^3 \times (0,64 \text{ m})^5 \times 891,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 3.791,20 \text{ W}$$

$$\text{Potencia del agitador} = 3,79 \text{ kW} \times \frac{1 \text{ HP}}{0,746 \text{ kW}} = 5,08 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{P_{\text{agitador}}}{\text{eficiencia}} = \frac{5,08 \text{ HP}}{0,80} = 6,36 \text{ HP}$$

A partir de la eficiencia supuesta de 0,80 se determina que la potencia del motor será de 7,50 HP, que es la potencia ofrecida en el mercado.

El material elegido para el agitador también es el acero 904L ya que resiste químicamente las soluciones de NaOH a elevada temperatura.

3.5.6. Sistema de calentamiento

La mezcla dentro del reactor debe mantenerse a 160°C. Se decide utilizar un sistema de camisa de media caña exterior al igual que en el reactor L-R-01 para evitar la deposición de sólidos en el serpentín. A continuación, se presentan las características del mismo:

Fluido de calentamiento	Dowtherm RP
Energía térmica requerida (MJ/h)	983,35
Temperatura de entrada del fluido térmico (°C)	250
Temperatura de salida del fluido térmico (°C)	200
Temperatura de entrada de la mezcla (°C)	60
Temperatura de salida de la mezcla (°C)	160
DTML (°C)	96,27
Caudal (kg/h)	8.532,32

Tabla N° 44: Datos para el diseño del sistema de calentamiento L-R-02.

Se considera que la mezcla disminuye su temperatura 40°C durante la centrifugación por lo que la temperatura de ingreso al reactor será de 60°C.

En este caso se emplea un fluido térmico capaz de operar a elevada temperatura ya que se necesita llegar a los 160°C. El delta máximo recomendado para fluidos térmicos es de 50°C.

Para conocer el área del sistema de media caña deben calcularse los coeficientes peliculares dentro del reactor y dentro del serpentín.

3.5.1.1. Cálculo del coeficiente pelicular h_i

Para calcular el coeficiente pelicular dentro del reactor utilizamos la siguiente ecuación con los parámetros obtenidos del libro “Chemical Reactor Design for Process Plants”, de Howard Rase:

$$\frac{h_i \times d_{ext}}{k} = 0,73 \times \left(\frac{\rho \times N \times D_a^2}{\mu} \right)^{0,65} \times \left(\frac{c_p \times \mu}{k} \right)^{0,33} \times \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,24}$$

Las propiedades de la mezcla se calculan ponderando las propiedades de los componentes individuales a la temperatura de operación.

Número de Reynolds	1,33 x 10 ⁶
Calor específico de la mezcla (J/kg°C)	2.783,20
Viscosidad de la mezcla (kg/ms)	5,90 x 10 ⁻⁴
Conductividad térmica de la mezcla (W/m°C)	0,044
Diámetro del tubo de media caña (d) (plg)	1 ½
Diámetro de la media caña (d_{ext}) (m)	1,95

Tabla N° 45: Datos para el cálculo de h_i en L-R-02.

Finalmente, el coeficiente pelicular de transferencia para el lado interior del reactor es:

$$h_i = 0,73 \times (1,33 \times 10^6)^{0,66} \times \left(\frac{2.783,20 \frac{J}{kg^\circ C} \times 5,90 \times 10^{-4} \frac{kg}{m s}}{0,044 \frac{J}{s m^\circ C}} \right)^{0,33} \times \frac{0,044 \frac{W}{m^\circ C}}{1,95 m}$$

$$h_i = 523,18 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

$$h_{io} = h_i \times \frac{D}{d_{ext}} = 523,18 \frac{W}{m^2^\circ C} \times \frac{1,91 m}{1,95 m} = 512,95 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

3.5.1.2. Cálculo del coeficiente pelicular h_o

Dentro de la media caña circulará fluido térmico Dowtherm RP. Se calcula el coeficiente pelicular con la siguiente ecuación de Sieder y Tate de tubos horizontales.

$$h_o = 0,027 \times (Re_{D_h})^{0,80} \times Pr^{-\frac{1}{3}} \times \frac{k}{D_h}$$

A continuación, se presentan las propiedades del fluido Dowtherm RP:

Dowtherm RP	
Punto de ebullición	353°C
Peso molecular promedio	236,40
Densidad (250°C)	863,80 kg/m ³
Calor específico a 250°C	2,305 kJ/kg°C
Conductividad térmica a 250°C	0,102 W/m°C
Viscosidad a 250°C	0,00054 kg/ms

Tabla N° 46: Propiedades del fluido Dowtherm RP.

La sección del tubo de media caña se calcula como:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{8} = \frac{\pi \times (0,0381 m)^2}{8} = 5,70 \times 10^{-4} m^2$$

Se calcula a continuación, la velocidad del fluido por tubos y el diámetro equivalente para poder calcular el número de Reynolds.

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \times A} = \frac{\left(8.532,32 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}\right)}{863,80 \frac{kg}{m^3} \times 5,70 \times 10^{-4} m^2} = 4,81 \frac{m}{s}$$

$$D_h = 0,1308 \times d = 0,005 m$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D_h}{\mu} = \frac{863,80 \frac{kg}{m^3} \times 4,81 \frac{m}{s} \times 0,005 m}{5,40 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 38.471$$

$$Pr = \frac{cp \times \mu}{k} = \frac{2.305 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 0,00054 \frac{kg}{ms}}{0,102 \frac{J}{sm^{\circ}C}} = 12,25$$

$$h_o = 0,027 \times (38.471)^{0,80} \times (12,25)^{1/3} \times \frac{0,102 \frac{W}{m^{\circ}C}}{0,005 m} = 5.913 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

3.5.1.3. Dimensionamiento de la media caña

Para calcular el área y la longitud de la media caña debe calcularse el coeficiente global de transferencia.

$$U_C = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{512,95 \frac{W}{m^2^{\circ}C} \times 5.913 \frac{W}{m^2^{\circ}C}}{512,95 \frac{W}{m^2^{\circ}C} + 5.913 \frac{W}{m^2^{\circ}C}} = 472 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Los factores de ensuciamiento para los fluidos son los siguientes:

$$R_{d_3}(\text{mezcla CPT, etanol y solución NaOH}) = \frac{100\%}{\left(\frac{29,6\%}{0,0009} + \frac{32,4\%}{0,002} + \frac{38\%}{0,000352}\right)} \frac{m^2}{W^{\circ}C} = 0,000636 \frac{m^2}{W^{\circ}C}$$

$$R_{d_4}(\text{Dowtherm RP}) = 0,00035 \frac{m^2}{W^{\circ}C}$$

Se tomó el factor de ensuciamiento de aceites pesados o combustóleo para la cáscara pre-tratada. El coeficiente de transferencia global sucio son:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_{d_3} + R_{d_4} = \frac{1}{472 \frac{W}{m^2^{\circ}C}} + (0,000636 + 0,00035) \frac{m^2}{W^{\circ}C} = 0,0031 \frac{m^2}{W^{\circ}C}$$

$$U_D = 322 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

La longitud y las vueltas que deberá tener la media caña se calcula como sigue:

$$\text{Área de transferencia} = A = \frac{\dot{Q}}{U_D \times DTML} = \frac{983,35 \frac{MJ}{h} \times \frac{10^6 J}{1 MJ} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{322 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times 96,27 ^\circ C} = 8,81 m^2$$

$$\text{Longitud de la media caña} = L = \frac{A}{d} = \frac{8,81 m^2}{0,0381 m} = 231,23 m$$

$$\text{Nº de vueltas} = \frac{L}{\pi \times D} = \frac{231,23 m}{\pi \times 1,91 m} = 38,54 \rightarrow 39 \text{ vueltas}$$

3.5.2. Especificaciones técnicas

L-R-02	
Altura (m)	1,50
Diámetro (m)	1,91
Volumen (m ³)	4,30
Presión de diseño (bar)	15,06
Material	Acero al carbono epoxidado
Espesor de la envuelta (mm)	20
Cabezal y fondo	Toriesférico tipo Klopper
Espesor de cabezal y fondo (mm)	20
Agitador y deflectores	
Tipo	Turbina de 6 palas inclinadas
Material	Acero 904L
Cantidad de deflectores	4
Diámetro del agitador D _a (m)	0,64
Ancho del deflector J (m)	0,16
Distancia desde el fondo del reactor al agitador E (m)	0,64
Ancho de las palas del agitador W (m)	0,13
Longitud de las palas del agitador L (m)	0,16
Velocidad de agitación (rpm)	130
Potencia del motor (HP)	7
Sistema de calentamiento	
Tipo	Camisa de media caña
Fluido térmico	Dowtherm RP
Caudal (kg/h)	8.532,32
Diámetro de tubo de media caña (pulgada)	1 ½
Área de transferencia (m ²)	8,81
Longitud (m)	231,23
Cantidad de vueltas	39

Tabla N° 47: Especificaciones técnicas L-R-02.

3.6. Tanque L-TK-01

En este tanque la mezcla de cáscara de arroz pre-tratada y licor de etanol, solución de NaOH y lignina será enfriada hasta los 60°C para luego poder descomprimir el sistema sin generar la vaporización del etanol, ya que podría arrastrar los sólidos en el vapor.

3.6.1. Dimensionamiento

El caudal que ingresa al tanque de enfriamiento será el mismo que en la etapa de Deslignificación y el tiempo de residencia será de 1 hora, por lo tanto, el volumen a tratar será:

$$Volumen = \frac{2.766,40 \frac{kg}{h} \times 1 h}{976,64 \frac{kg}{m^3}} = 2,83 m^3$$

Las densidades de los componentes y de la mezcla a la temperatura de operación se muestran a continuación:

Densidad de la cáscara de arroz (kg/m³)	1.400
Densidad de NaOH 1,80% p/p (kg/m³)	1.002,42
Densidad del etanol (kg/m³)	747,71
Densidad de la lignina solubilizada (kg/m³)	1.400
Densidad de la mezcla mezcla (kg/m³)	976,64

Tabla N° 48: Densidad de los componentes y la mezcla de cáscara de arroz y licor de etanol, solución de NaOH y lignina.

Dimensionamiento	
Volumen de mezcla (m³)	2,83
Espacio ocupado	80%
Sobredimensionamiento	15%
Volumen sobredimensionado (m³)	4,07
Perímetro (m)	6
Altura (m)	2,40
Diámetro (m)	1,91
Volumen final (m³)	6,88

Tabla N° 49: Dimensionamiento L-TK-01.

3.6.2. Presión de diseño

Se calcula la altura del fluido en el reactor y la presión hidrostática de la siguiente manera:

$$h = \text{Altura del fluido} = \frac{V}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = \frac{2,83 \text{ m}^3}{\pi \times \frac{(1,91 \text{ m})^2}{4}} = 0,99 \text{ m}$$

$$P_h = \rho \times g \times h = 976,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \text{ m}^2 \times 0,99 \text{ m} = 9.473,08 \text{ Pa} \equiv 0,09 \text{ bar}$$

La presión de operación será también de 13 bar, ya que debe mantenerse presurizado el sistema hasta que la mezcla alcance los la presión de diseño será:

$$P_{\text{diseño}} = (P_h + P_{\text{operación}}) \times 1,15 = (0,09 \text{ bar} + 13 \text{ bar}) \times 1,15 = 15,06 \text{ ba}$$

3.6.3. Cálculo del espesor de la envuelta

La ecuación empleada es:

$$t = \text{Espesor de pared} = \frac{P_d \times R}{S \times E - 0,60 \times P_d} + C$$

Los datos son los siguientes:

Presión de diseño (psi)	218,41
Radio interno (R) (pulgada)	37,60
Tensión admisible del material (S) (psi)	11.250
Eficiencia de soldadura (E)	0,85
Tolerancia de corrosión (C) (pulgada)	0,079

Tabla N° 50: Datos para el cálculo de espesor L-TK-01.

El material de este tanque será acero al carbono epoxidado ya que resiste al estar en contacto con solución de NaOH 1,60% p/p a 60°C.

El espesor obtenido es:

$$t = \frac{218,41 \text{ psi} \times 37,60 \text{ pulgadas}}{11.250 \text{ psi} \times 0,85 - 0,60 \times 218,41 \text{ psi}} + 0,079 \text{ pulgadas} = 0,95 \text{ pulgadas} \equiv 24,11 \text{ mm}$$

3.6.4. Cálculo del agitador

Para este tanque también se empleará un agitador de turbina de 6 palas inclinadas para lograr un buen mezclado y favorecer la transferencia de calor.

Las dimensiones se calculan con las mismas relaciones indicadas anteriormente para agitadores de turbina:

$$\frac{H}{D} = 1 \qquad \frac{E}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{D_a}{D} = \frac{1}{3} \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{12} \qquad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Dimensiones	
H (m)	2,40
D (m)	1,91
D_a (m)	0,64
J (m)	0,16
E (m)	0,64
W (m)	0,13
L (m)	0,16

Tabla N° 51: Dimensiones del agitador de turbina L-TK-01.

La velocidad de agitación se definió como 130 rpm. El tanque contará con 4 deflectores para impedir la formación de vórtices, generar mayor turbulencia y mejorar el mezclado.

Para calcular la potencia consumida por la agitación se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = N_p \times N^3 \times D_a^5 \times \rho$$

Donde:

N_p = Número de potencia

N = Velocidad de agitación en rps

D_a = Diámetro del agitador en m

ρ = Densidad de la mezcla en $\frac{kg}{m^3}$

Para conocer el N_p se utiliza el siguiente gráfico y el número de Reynolds.

$$Re = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{2,17 \text{ s}^{-1} \times (0,64 \text{ m})^2 \times 976,64 \frac{kg}{m^3}}{6,40 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 1,33 \times 10^6$$

La potencia consumida es:

$$P = 4 \times (2,17 \text{ s}^{-1})^3 \times (0,64 \text{ m})^5 \times 976,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 4.155 \text{ W}$$

$$\text{Potencia del agitador} = 4,16 \text{ kW} \times \frac{1 \text{ HP}}{0,746 \text{ kW}} = 5,57 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{P_{\text{agitador}}}{\text{eficiencia}} = \frac{5,57 \text{ HP}}{0,80} = 6,96 \text{ HP}$$

La potencia del motor será de 7,50 HP.

El material elegido para el agitador es el acero 904L ya que no puede adquirirse un agitador con recubrimiento epoxi.

3.6.5. Sistema de enfriamiento

La mezcla dentro del tanque debe enfriarse hasta los 60°C. Se decide utilizar un sistema de camisa de transferencia exterior. A continuación, se presentan las características del mismo:

Fluido de enfriamiento	Agua
Energía térmica requerida (MJ/h)	799,35
Temperatura de entrada del agua (°C)	20
Temperatura de salida del agua (°C)	50
Temperatura de entrada de la mezcla (°C)	160
Temperatura de salida de la mezcla (°C)	60
DTML (°C)	49,26
Caudal (kg/h)	6.374,40

Tabla N° 52: Datos para el diseño del sistema de enfriamiento L-TK-01.

Para conocer el área de la camisa deben calcularse los coeficientes peliculares dentro del reactor y dentro de esta última.

3.6.1.1. Cálculo del coeficiente pelicular h_i

Para calcular el coeficiente pelicular dentro del reactor utilizamos la siguiente ecuación con los parámetros obtenidos del libro “Chemical Reactor Design for Process Plants”, de Howard Rase:

$$\frac{h_i \times D_{\text{camisa}}}{k} = 0,73 \times \left(\frac{\rho \times N \times D_a^2}{\mu} \right)^{0,65} \times \left(\frac{c_p \times \mu}{k} \right)^{0,33} \times \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Las propiedades de la mezcla se calculan ponderando las propiedades de los componentes individuales a la temperatura de operación.

Número de Reynolds	1,33 x 10 ⁶
Calor específico de la mezcla (J/kg°C)	1.559,96
Viscosidad de la mezcla (kg/ms)	6,40 x 10 ⁻⁴
Conductividad térmica de la mezcla (W/m°C)	0,048
Ancho de la camisa (w) (m)	0,050
Diámetro de la camisa (D_{camisa}) (m)	1,96

Tabla N° 53: Datos para el cálculo de h_i en L-TK-01.

Como puede verse, se decide emplear un ancho de 5 cm para la camisa. Finalmente, el coeficiente pelicular de transferencia para el lado interior del tanque agitado es:

$$h_i = 0,73 \times (1,33 \times 10^6)^{0,65} \times \left(\frac{1,559,96 \frac{J}{kg^\circ C} \times 6,40 \times 10^{-4} \frac{kg}{m s}}{0,048 \frac{J}{s m^\circ C}} \right)^{0,33} \times \frac{0,048 \frac{W}{m^\circ C}}{1,91 m}$$

$$h_i = 477,61 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

$$h_{io} = h_i \times \frac{D}{d_{ext}} = 477,61 \frac{W}{m^2^\circ C} \times \frac{1,91 m}{1,96 m} = 465,43 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

3.6.1.2. Cálculo del coeficiente pelicular h_o

Dentro de la camisa circulará agua a 35°C de temperatura promedio. Se calcula el coeficiente pelicular con la siguiente ecuación de Sieder y Tate modificada para flujo turbulento.

$$h_o = 0,027 \times (Re_{D_h})^{0,80} \times Pr^{-\frac{1}{3}} \times \left(1 + 3,50 \times \frac{D_h}{D}\right) \times \frac{k}{D_h}$$

A continuación, se presentan las propiedades del agua a 35°C:

Propiedades del agua a 35°C	
Densidad	994,06 kg/m ³
Calor específico	4,18 kJ/kg°C
Conductividad térmica	0,622 W/m°C
Viscosidad	0,00072 kg/ms

Tabla N° 54: Propiedades del agua a 35°C.

Se supone la velocidad del fluido y calcula a continuación, el diámetro equivalente para poder calcular el número de Reynolds.

$$v = 3 \frac{m}{s}$$

$$D_h = 4 \times w = 4 \times 0,050 m = 0,20 m$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D_h}{\mu} = \frac{994,06 \frac{kg}{m^3} \times 3 \frac{m}{s} \times 0,20 m}{7,20 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 828.383$$

$$Pr = \frac{cp \times \mu}{k} = \frac{4.180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 0,00072 \frac{kg}{ms}}{0,622 \frac{J}{sm^{\circ}C}} = 4,84$$

$$h_o = 0,027 \times (828.383)^{0,80} \times (4,84)^{1/3} \times (1 + 3,50 \times \frac{0,20 m}{1,91 m}) \times \frac{0,622 \frac{W}{m^{\circ}C}}{0,20 m} = 10.534 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

3.6.6. Área de transferencia

El área de transferencia disponible se calcula considerando que la misma incluirá sólo la envuelta y la parte recta del fondo toriesférico del tanque. Esa parte recta (h_1) se calcula teniendo en cuenta el espesor del fondo que será el mismo que el de la envuelta:

$$h_1 = 3,50 \times t = 3,50 \times 0,024 m = 0,084 m$$

$$H_{camisa} = 2,40 m + 0,084 m = 2,484 m$$

$$\text{Área disponible} = \pi \times D \times H_{camisa} = \pi \times 1,91 m \times 2,484 m = 14,91 m^2$$

Para calcular el área de transferencia requerida debe calcularse el coeficiente global de transferencia.

$$U_C = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{465,43 \frac{W}{m^2^{\circ}C} \times 10.534 \frac{W}{m^2^{\circ}C}}{465,43 \frac{W}{m^2^{\circ}C} + 10.534 \frac{W}{m^2^{\circ}C}} = 445,74 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Los factores de ensuciamiento para los fluidos son los siguientes:

$$R_{d_3}(\text{mezcla CPT, etanol y solución NaOH}) = \frac{100\%}{\left(\frac{29,6\%}{0,0009} + \frac{32,4\%}{0,002} + \frac{38\%}{0,000352}\right) \frac{m^2}{W^{\circ}C}} = 0,000636 \frac{m^2}{W^{\circ}C}$$

$$R_{d_4}(\text{Dowtherm RP}) = 0,00035 \frac{m^2}{W^{\circ}C}$$

Se tomó el factor de ensuciamiento de aceites pesados o combustóleo para la cáscara pre-tratada. El coeficiente de transferencia global sucio es:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_{d_3} + R_{d_4} = \frac{1}{445,74 \frac{W}{m^2^{\circ}C}} + (0,000636 + 0,00035) \frac{m^2}{W^{\circ}C} = 0,00323 \frac{m^2}{W^{\circ}C}$$

$$U_D = 309,64 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

$$\text{Área de transferencia} = A = \frac{\dot{Q}}{U_D \times DTML} = \frac{799,35 \frac{MJ}{h} \times \frac{10^6 J}{1 MJ} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{309,64 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times 49,26 \text{ } ^\circ C} = 14,56 m^2$$

El área de transferencia disponible cumple con el requerimiento para lograr la transferencia de energía.

3.6.7. Especificaciones técnicas

L-TK-01	
Altura (m)	1,50
Diámetro (m)	1,91
Volumen (m ³)	4,30
Presión de diseño (bar)	15,06
Material	Acero al carbono epoxidado
Espesor de la envuelta (mm)	24
Cabezal y fondo	Toriesférico tipo Klopper
Espesor de cabezal y fondo (mm)	24
Agitador y deflectores	
Tipo	Turbina de 6 palas inclinadas
Material	Acero 904L
Cantidad de deflectores	4
Diámetro del agitador D _a (m)	0,64
Ancho del deflector J (m)	0,16
Distancia desde el fondo del reactor al agitador E (m)	0,64
Ancho de las palas del agitador W (m)	0,13
Longitud de las palas del agitador L (m)	0,16
Velocidad de agitación (rpm)	130
Potencia del motor (HP)	7
Sistema de enfriamiento	
Tipo	Camisa de media caña
Fluido térmico	Agua
Caudal (kg/h)	6.374,40
Diámetro de tubo de media caña (pulgada)	1 ½
Área de transferencia (m ²)	14,43
Longitud (m)	378,74
Cantidad de vueltas	64

Tabla N° 55: Especificaciones técnicas L-TK-01.

3.7. Centrifuga de discos L-CD-02

Luego de enfriar la mezcla obtenida en la Deslignificación, deben separarse la corriente sólida, principalmente celulosa y componentes orgánicos, de la porción líquida donde se encuentra solubilizada la lignina. La centrifuga de discos elegida para esta etapa del proceso es el modelo AC1000 de la marca Flottweg. A continuación, se muestra una imagen del equipo seleccionado:



Figura N° 13: Centrifuga de discos AC 1000 Flottweg.

Dado que la fracción líquida está compuesta por etanol, solución de NaOH diluida y lignina, además de otros componentes minoritarios, este equipo cuenta con purga de gases inertes, en este caso nitrógeno, para evitar la generación de mezclas explosivas de vapores de etanol en el aire. Los gases inertes se suministran en varios lugares de la separadora para asegurar un óptimo enjuague y la inertización del sistema entero.

Posee además un sello hermético de anillo de agua que evita la captación de oxígeno, la formación de espuma y la pérdida de gases. El sistema de sellado hidroharmético consiste de un disco ubicado sobre el rodete que se sumerge en el líquido formando así un cierre contra el ambiente como el sifón.

El caudal a tratar es de 2.766,40 kg/h y la composición de la mezcla es la siguiente:

Composición de la mezcla	
Celulosa y otros componentes orgánicos	547,08 kg/h
Etanol	896,25 kg/h
Solución de NaOH 0,16% p/p	1.167,55 kg/h
Lignina	155,42 kg/h

Tabla N° 56: Composición de la mezcla a tratar en L-CD-02.

El caudal volumétrico a tratar es:

$$\text{Caudal volumétrico} = \frac{2.766,40 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{976,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.7.1. Especificaciones técnicas

Se muestran a continuación las especificaciones técnicas de la centrífuga seleccionada:

L-CD-02	
Tipo	De discos
Modelo	AC1000
Capacidad de procesamiento máxima (m³/h)	10
Volumen máximo del recipiente (L)	4
Volumen para lodos (L)	1,50
Potencia del motor (HP)	7,50
Protecciones	Sistema estanco a gases antiexplosivo
Materiales	Acero inoxidable y dúplex
Dimensiones	
Largo, l (m)	1,10
Ancho, w (m)	0,60
Altura, h (m)	1,00

Tabla N° 57: Especificaciones técnicas L-CD-02.

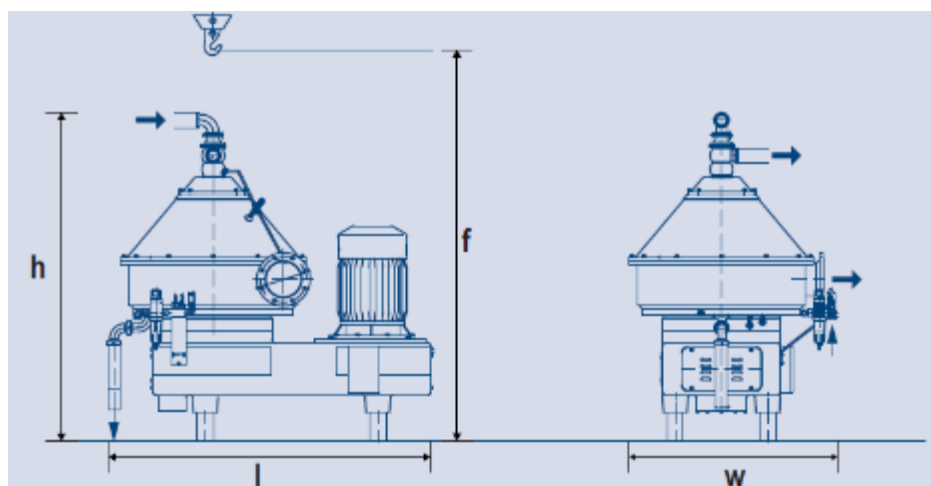


Figura N° 14: Esquema de la centrífuga L-CD-02.

3.8. Evaporador L-EV-01

La corriente líquida de salida de la centrífuga L-CD-02 ingresará a un evaporador de película descendente, más precisamente un vaporizador ya que la corriente vaporizada no es agua, para separar el etanol del resto de los componentes y favorecer luego la precipitación de la lignina insoluble en ácido.

En el Capítulo VI se supuso la pérdida del 10% de etanol y del 5% de los demás componentes durante la centrifugación, y a su vez se supuso la vaporización de una parte del etanol que ingresa con la corriente de alimentación. Esto es para poder asegurar que la tasa de recirculación en el vaporizador sea por lo menos de 4:1. A continuación, se presentan las características y temperaturas de las corrientes:

Caudal de entrada de mezcla (kg/h)	2.082,40
Caudal evaporado de etanol (kg/h)	403,31
Porcentaje de evaporación	50%
Temperatura de entrada de la mezcla (°C)	40
Temperatura de salida de la mezcla (°C)	78,40
Fluido de intercambio	Vapor de agua saturado (5 bar)
Temperatura de entrada del vapor (°C)	152
Temperatura de salida del vapor (°C)	152
DTML (°C) / (°F)	91,46 / 164,63
Energía térmica requerida (MJ/h)	553,23
Caudal de vapor (kg/h)	259,33

Tabla N° 58: Datos de las corrientes en L-EV-01.

Se ha considerado un descenso de temperatura de la mezcla de 20°C durante la centrifugación previa.

3.8.1. Dimensionamiento

Este equipo se diseñó siguiendo los pasos de cálculo del libro Procesos de Transferencia de Calor de D. Kern. Uno de los criterios empleados por Kern para el diseño de evaporadores implica definir un flujo máximo de calor permisible en el evaporador. Una cantidad mayor que el flujo máximo $(Q/A)_{\text{máx}}$ no puede ser forzada a través de la superficie calefactora debido a la presencia de la película de gas. Restringir el flujo a un máximo de diseño conduce a un aumento de la superficie total con el objetivo de reducir la cantidad vaporizada por unidad de superficie de transferencia. Los valores son los siguientes:

- El flujo máximo permitido para vaporizadores de circulación forzada y calderetas para vaporizar sustancias orgánicas, es de 20.000 BTU/h.pie² y para circulación natural 12.000 BTU/h.pie².
- El flujo máximo permitido para la vaporización de soluciones acuosas de baja concentración o de agua usando circulación natural o forzada es de 30.000 BTU/h.pie².

Por lo tanto, el área del equipo se calcula a partir de este límite como se muestra a continuación. Se ha decidido utilizar un evaporador de circulación natural.

$$\dot{Q} = 553,23 \frac{MJ}{h} \times \frac{10^6 J}{1 MJ} \times \frac{9,4782 \times 10^{-4} BTU}{1 J} = 524.358,37 \frac{BTU}{h}$$

$$\left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)_{m\acute{a}x} = 12.000 \frac{BTU}{h \cdot pie^2}$$

$$A = \frac{524.358,37 \frac{BTU}{h}}{12.000 \frac{BTU}{h \cdot pie^2}} = 43,70 pie^2$$

Otro criterio sugerido por Kern es una tasa de recirculación de líquido mínima de 4:1 para asegurar el flujo a través del equipo. La tasa de recirculación se alcanza cuando la suma de las resistencias en el circuito de evaporación es igual a la fuerza motora hidrostática en el líquido vaporizado. Se ha definido que el porcentaje de etanol vaporizado sea del 50% para lograr una tasa de recirculación mayor a 4:1

$$Tasa\ de\ recirculación = \frac{Caudal\ de\ líquido\ recirculado}{Caudal\ de\ vapor}$$

$$Tasa\ de\ recirculación = \frac{Caudal\ de\ líquido\ alimentado - Caudal\ de\ vapor}{Caudal\ de\ vapor}$$

$$Tasa\ de\ recirculación = \frac{2.082,40 \frac{kg}{h} - 403,31 \frac{kg}{h}}{403,31 \frac{kg}{h}} = 4,16$$

A partir del área calculada, se supondrá un vaporizador de manera tal que cumpla con la misma. Las características del equipo supuesto se presentan a continuación y fueron obtenidas luego de algunas pruebas:

Fluido por tubos	Solución de NaOH, lignina disuelta y vapores de etanol
Fluido por coraza	Vapor de agua saturado a 5 bar
Largo de tubos, L (pie) / (m)	4 / 1,22
DE (pulgada)	¾
BWG	12
DI (pulgada)	0,532
Arreglo	Triangular
Paso (pulgada)	1
Pasos por tubos (n)	1
Superficie por pie lineal exterior (a) (pie²/pie)	0,1963

Tabla N° 59: Características del equipo L-EV-01 supuesto.

Los datos presentados se obtuvieron de los anexos del libro.

Tubo DE, plg	BWG	Espesor de la pared,	DI, plg	Área de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lin. pies ²		Peso por pie lineal, lb, de acero
					Exterior	Interior	
½	12	0.109	0.282	0.0625	0.1309	0.0748	0.493
	14	0.083	0.334	0.0876		0.0874	0.403
	16	0.065	0.370	0.1076		0.0969	0.329
	18	0.049	0.402	0.127		0.1052	0.258
	20	0.035	0.430	0.145		0.1125	0.190
¾	10	0.134	0.482	0.182	0.1963	0.1263	0.965
	11	0.120	0.510	0.204		0.1335	0.884
	12	0.109	0.532	0.223		0.1393	0.817
	13	0.095	0.560	0.247		0.1466	0.727
	14	0.083	0.584	0.268		0.1529	0.647
	15	0.072	0.606	0.289		0.1587	0.571
	16	0.065	0.620	0.302		0.1623	0.520
	17	0.058	0.634	0.314		0.1660	0.469
	18	0.049	0.652	0.334		0.1707	0.401

Tabla N° 60: Datos de tubos para condensadores e intercambiadores de calor. Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 948, McGraw Hill Book Company.

El número de tubos será:

$$N = \frac{A}{a \times L} = \frac{43,70 \text{ pie}^2}{0,1963 \frac{\text{pie}^2}{\text{pie}} \times 4 \text{ pies}} \cong 56$$

Redondeando a la primera cantidad de tubos siguientes por tablas se obtienen 61 tubos para el arreglo elegido.

Tubos de ¾" DE, arreglo triangular de 1 plg

Coraza DI, plg	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P
8	37	30	24	24	
10	61	52	40	36	
12	92	82	76	74	70
13¼	109	106	86	82	74
15¼	151	138	122	118	110
17¼	203	196	178	172	166
19¼	262	250	226	216	210
21¼	316	302	278	272	260
23¼	384	376	352	342	328
25	470	452	422	394	382
27	559	534	488	474	464
29	630	604	556	538	508
31	745	728	678	666	640
33	856	830	774	760	732
35	970	938	882	864	848
37	1074	1044	012	986	870
39	1206	1176	128	1100	078

Tabla N° 61: Disposición de los espejos de tubos. Tomada de Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 947, McGraw Hill Book Company.

Por lo tanto, el diámetro de carcasa será 10 pulgadas y el área real del evaporador queda:

$$A = N \times L \times a = 61 \times 4 \text{ pies} \times 0,1963 \frac{\text{pie}^2}{\text{pie}} = 47,90 \text{ pies}^2$$

Dando un exceso de área de 9,61%. Luego de verificar el área debemos comprobar si el gradiente motor es superior a la pérdida de carga total en tubos para asegurar la circulación del fluido. La pérdida de carga total se compone de la presión estática de la columna y la caída de presión.

Para el cálculo de la presión de la columna se necesita el volumen específico del líquido (v_i) y el volumen específico de salida (v_o).

Densidad del vapor de etanol (lb/pie³)	0,106
Volumen específico del vapor de etanol (pie³/lb)	9,43
Densidad del líquido (lb/pie³)	60,72
Volumen específico del líquido (v_i) (pie³/lb)	0,017
Volumen específico de salida (v_o) (pie³/lb)	1,84

Tabla N° 62: Densidades y volúmenes específicos de las corrientes en L-EV-01.

La densidad del vapor de etanol se obtuvo del simulador Aspen HYSYS y la densidad del líquido fue calculada ponderando las densidades de los componentes.

3.8.1.1. Presión estática de la columna

El volumen específico de salida se calcula como sigue:

$$\dot{m}_e = 2.082,40 \frac{kg}{h} \times 2,205 \frac{lb}{kg} = 4.591,70 \frac{lb}{h}$$

$$v_o = \frac{v_T}{\dot{m}_e} = \frac{9,43 \frac{pie^3}{lb} \times 403,31 \frac{kg}{h} \times 2,205 \frac{lb}{kg} + 0,011 \frac{pie^3}{lb} \times \left(2.082,40 \frac{kg}{h} - 403,31 \frac{kg}{h}\right) \times 2,205 \frac{lb}{kg}}{4.591,70 \frac{lb}{h}}$$

$$v_o = 1,84 \frac{pie^3}{lb}$$

$$P = 2,30 \times \frac{L}{144 \times (v_o - v_i)} \times \log\left(\frac{v_o}{v_i}\right) = 2,30 \times \frac{4 \text{ pies}}{144 \times (1,84 - 0,017) \frac{pie^3}{lb}} \times \log\left(\frac{1,84}{0,017}\right) = 0,072 \frac{lb}{plg^2}$$

3.8.1.2. Caída de presión

Debe calcularse el número de Reynolds para poder conocer el factor de fricción del lado de tubos. Para ello, se calcula el flujo másico por unidad de área como:

$$G_t = \frac{\dot{m}_e}{a_t}$$

$$a_t = N \times a'_t$$

Donde a_t' representa el área de flujo por tubo y a_t , el área de flujo total en pie^2 . El área de flujo por tubo se obtiene de la Tabla N° 59.

$$a_t = 61 \text{ tubos} \times 0,223 \frac{\text{plg}^2}{\text{tubo}} \times \left(\frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} \right)^2 = 0,0945 \text{ pie}^2$$

$$G_t = \frac{\dot{m}_e}{a_t} = \frac{4.591,70 \frac{\text{lb}}{\text{h}}}{0,0945 \text{ pie}^2} = 48.607,30 \frac{\text{lb}}{\text{h} \cdot \text{pie}^2}$$

El número de Reynolds dentro de tubos es:

$$Re_t = \frac{d_i \times G_t}{\mu} = \frac{0,532 \text{ plg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} \times 48.607,30 \frac{\text{lb}}{\text{h} \cdot \text{pie}^2}}{0,0173 \frac{\text{lb}}{\text{h} \cdot \text{pie}}} = 124.562$$

El diámetro interno de tubos se obtuvo de la Tabla N° 59 (tubos de 3/4 plg, BWG 12) y la viscosidad del vapor de etanol se obtuvo del simulador HYSYS. Se ingresa con el número de Reynolds al siguiente gráfico para conocer el factor de fricción.

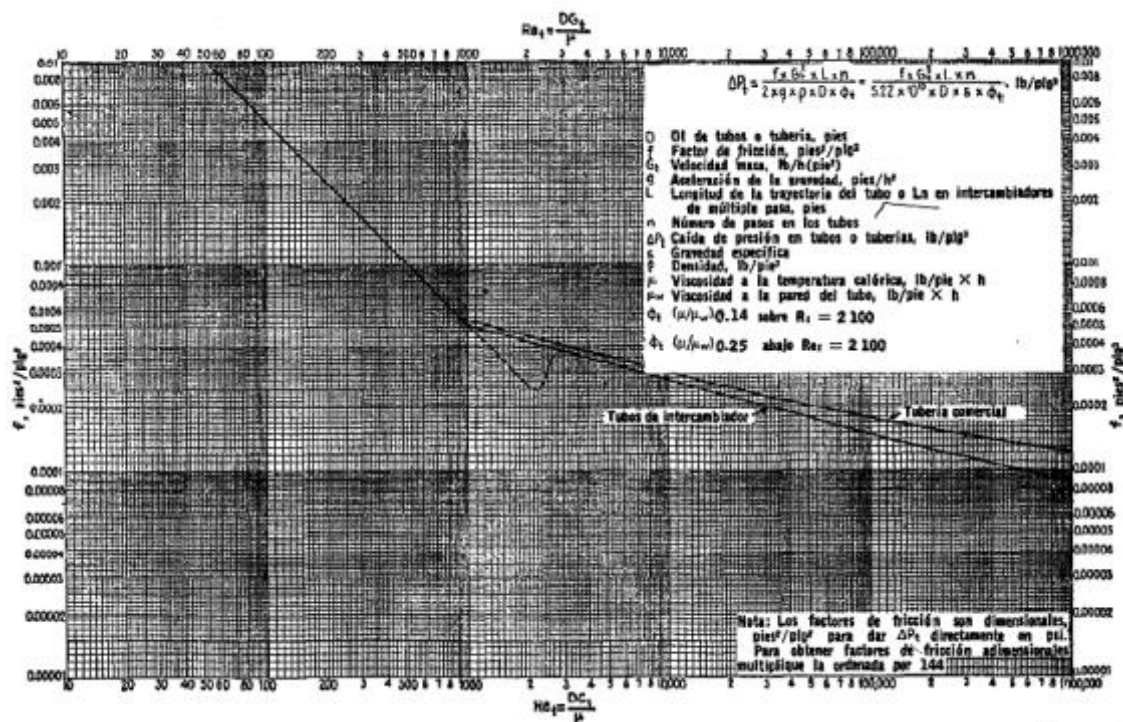


Figura N° 15: Factores de fricción para lado de tubos. Tomado de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 941, McGraw Hill Book Company.

$$f = 0,00014 \frac{\text{pie}^2}{\text{plg}^2}$$

Se calcula la densidad promedio relativa como sigue:

$$S_{prom} = \frac{\left(\frac{1}{v_i} + \frac{1}{v_o}\right)}{2} = \frac{\left(\frac{1}{0,017 \frac{pie^3}{lb}} + \frac{1}{1,84 \frac{pie^3}{lb}}\right) \times \frac{1 \frac{g}{cm^3}}{62,50 \frac{lb}{pie^3}}}{2} = 0,49$$

Finalmente, la caída de presión será:

$$\Delta P_t = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times di \times S_{prom} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}} = \frac{0,00014 \frac{pie^2}{plg^2} \times \left(48.607,30 \frac{lb}{h \cdot pie^2}\right)^2 \times 4 \text{ pies} \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,532 \text{ plg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} \times 0,49 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 0,0012 \frac{lb}{plg^2}$$

3.8.1.3. Pérdida de carga total y gradiente motor

Como se mencionó anteriormente, la resistencia total se compone de la sumatoria de la presión estática de la columna y la caída de presión.

$$\text{Pérdida de carga total} = P + \Delta P_t = 0,072 \frac{lb}{plg^2} + 0,0012 \frac{lb}{plg^2} = 0,073 \frac{lb}{plg^2}$$

Esta resistencia debe ser comparada contra el gradiente motor que existe en los tubos para corroborar que éste último sea mayor.

$$\text{Gradiente motor} = L \times \rho_L = 4 \text{ pies} \times 60,72 \frac{lb}{pie^3} = 242,88 \frac{lb}{pie^2} \equiv 1,69 \frac{lb}{plg^2}$$

Por lo tanto, se verifica que el Gradiente motor es mayor que la Pérdida de carga total en tubos y el fluido circulará naturalmente sin inconvenientes.

3.8.2. Cálculo de los coeficientes peliculares

Para el cálculo del coeficiente pelicular del fluido frío dentro de tubos, debe analizarse el tipo de ebullición que se presenta. El tipo de flujo existente en un sistema bifásico depende de la velocidad másica del fluido y de la cantidad relativa de vapor y líquido. Se determina a continuación, x , la fracción másica de vapor circulante y G , la densidad de flujo.

$$x = \frac{W_V}{W_V + W_L} = \frac{403,31 \frac{kg}{h}}{2.082,40 \frac{kg}{h}} = 0,194$$

$$G = \frac{W}{a_t} = \frac{2.082,40 \frac{kg}{h} \times \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}}{0,094 \text{ pie}^2 \times (0,3048)^2 \frac{m^2}{pie^2}} = 65,91 \frac{kg}{m^2 s}$$

Luego, se calcula el parámetro de Lockhardt Martinelli, X_{tt} que nos permite ingresar en un gráfico de datos experimentales para determinar el tipo de ebullición que se presenta.

$$X_{tt} = \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0,9} \times \left(\frac{\rho_V}{\rho_L}\right)^{0,5} \times \left(\frac{\mu_L}{\mu_V}\right)^{0,1} = \left(\frac{1-0,194}{0,194}\right)^{0,9} \times \left(\frac{1,70 \frac{kg}{m^3}}{972,63 \frac{kg}{m^3}}\right)^{0,5} \times \left(\frac{5,55 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{4,44 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}\right)^{0,1}$$

$$X_{tt} = 0,154$$

$$\frac{1}{X_{tt}} = 6,49$$

Las propiedades del vapor de etanol se obtuvieron del simulador HYSYS y se muestran en la Tabla N° 63: Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida.

Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida	
Viscosidad del vapor de etanol (kg/ms)	$4,44 \times 10^{-4}$
Densidad del vapor de etanol (kg/m ³)	1,70
Densidad del líquido (kg/m ³)	972,63
Calor específico del líquido c_{pL} (J/kg°C)	1.673,60
Viscosidad del líquido μ_L (kg/ms)	$5,55 \times 10^{-4}$
Conductividad térmica del líquido k_L (W/m°C)	0,017

Tabla N° 63: Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida.

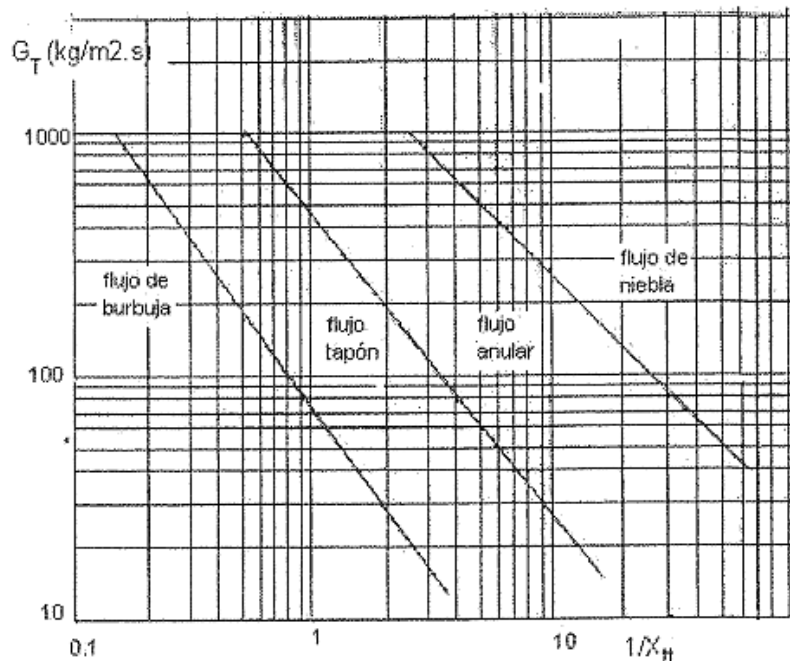


Figura N° 16: Mapa de regímenes de flujo para escurrimiento vertical. Tomado de “Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos” por E. Cao, 2004, página 279.

El flujo que se presenta en los tubos, a partir de este gráfico, es del tipo anular. Por lo tanto, debe utilizarse la correlación válida para este régimen de flujo. Se ve en la siguiente figura que la transmisión de calor para régimen de flujo anular se da por convección forzada con transferencia a través del anillo de líquido.

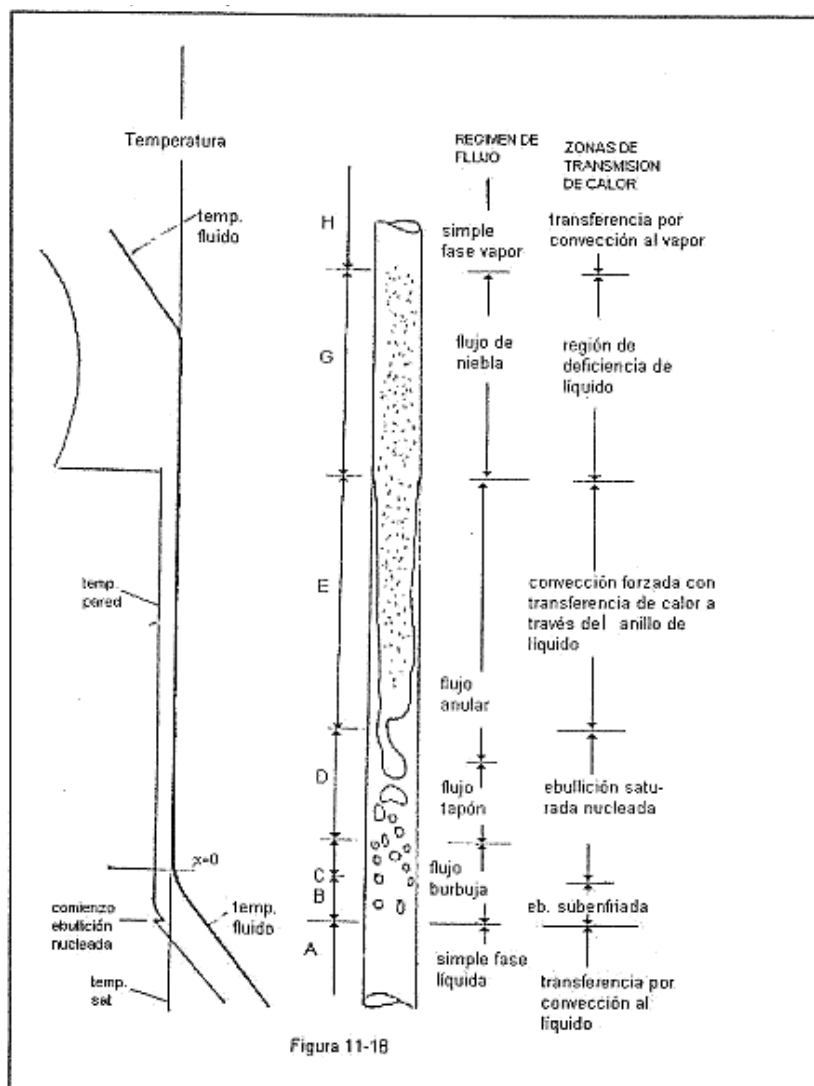


Figura N° 17: Tipos de regímenes de flujo y zonas de transmisión de calor según el tipo de ebullición en los tubos. .

Tomado de "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" por E. Cao, 2004, página 281.

En esta zona el calor es transferido por conducción y convección a través del film líquido, y el vapor se genera continuamente en la interfase. Se utiliza entonces, la correlación de Chen que parte del postulado de que en el proceso de transferencia de calor para la ebullición de fluidos saturados en movimientos intervienen dos mecanismos superpuestos: uno macroconvectivo y uno microconvectivo, asociado con la nucleación y el desprendimiento de burbujas.

$$h = h_N + h_{TP}$$

Donde:

$$h_{TP} = 0,023 \times Re_L^{0,8} \times Pr_L^{0,4} \times \left(\frac{k_L}{di}\right) \times F$$

Como en este caso, el calor es transferido a través de un anillo de líquido adherido a la pared del tubo, es de esperarse que las propiedades del líquido tengan un efecto dominante. Por ello, pueden reemplazarse los números adimensionales por los correspondientes a la mezcla líquida. Re_L es el número de Reynolds que existiría si solo el líquido circulara por el tubo. El factor F es un parámetro de flujo por lo que resulta lógico expresarlo en función del parámetro de Lockhardt Martinelli como se ve en el gráfico a continuación.

$$F = \left(\frac{Re_{TP}}{Re_L}\right)^{0,8}$$

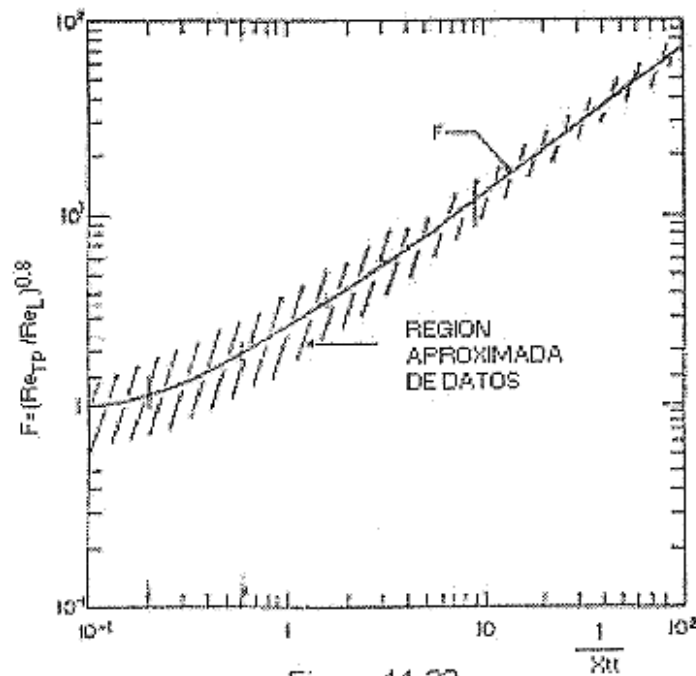


Figura 11-22

Figura N° 18: Representación gráfica de los datos de F vs X_{tt} .

Por lo tanto, con $1/X_{tt}=6,49$:

$$F = 9$$

$$Re_L = \frac{G \times (1-x) \times di}{\mu_L} = \frac{\left(65,91 \frac{kg}{m^2s} \times (1-0,194) \times 0,532 \text{ plg} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ plg}}\right)}{5,55 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 1.293,41$$

$$Pr_L = \frac{cp_L \times \mu_L}{k_L} = \frac{1.673,60 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 5,55 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{0,017 \frac{J}{s m^{\circ}C}} = 54,64$$

$$h_{TP} = 0,023 \times 1.293,41^{0,8} \times 54,64^{0,4} \times \left(\frac{0,017 \frac{W}{m^2 C}}{0,532 \text{ plg} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ plg}}} \right) \times 9 = 398,17 \frac{W}{m^2 C}$$

Para el cálculo de h_N se utilizó la correlación de Mostinsky que es más sencilla que la correlación elaborada por Chen en base al modelo de Forster y Zuber.

$$h_N = 0,00417 \times p_c^{0,69} \times q^{0,7} \times \left(1,80 \times \left(\frac{p}{p_c} \right)^{0,17} + 4 \times \left(\frac{p}{p_c} \right)^{1,2} \right) \times S$$

S es definido por Chen como un factor de supresión:

$$S = \left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_{SAT}} \right)^{0,99}$$

Siendo ΔT_e el sobrecalentamiento efectivo de burbuja y ΔT_{SAT} , el sobrecalentamiento de pared: $(T_W - T_{SAT})$. S puede obtenerse del siguiente gráfico de datos experimentales.

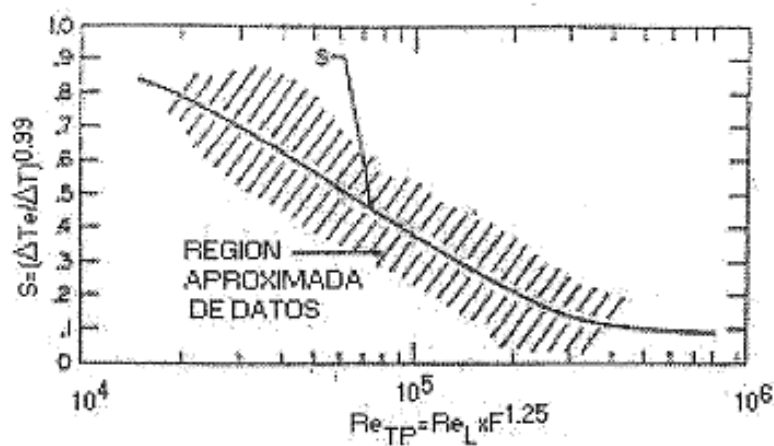


Figura N° 19: Representación gráfica de S vs Re_{TP} .

$$Re_{TP} = Re_L \times F^{1,25} = 1.293,41 \times 9^{1,25} = 20.162,11$$

$$S = 0,74$$

La presión crítica de la mezcla líquida se obtuvo del software HYSYS. Se calcula q (W/m^2) a partir de la energía térmica calculada en el balance energético:

$$q = \frac{\dot{Q}}{a_t} = \frac{553,23 \times 10^6 \frac{J}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{0,094 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0,3048 \text{ pie}}{1 \text{ m}} \right)^2} = 1,76 \times 10^7 \frac{W}{m^2}$$

$$p_c = 3.226,39 \text{ kPa}$$

$$p = 101,325 \text{ kPa}$$

$$h_N = 0,00417 \times 3.226,39 \text{ kPa}^{0,69} \times 1,76 \times 10^7 \frac{W^{0,7}}{m^2} \times \left(1,80 \times \left(\frac{101,33}{3.226,39} \right)^{0,17} + 4 \times \left(\frac{101,33}{3.226,39} \right)^{1,2} \right) \times 0,80$$

$$h_N = 109.851,89 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Finalmente, el coeficiente pelicular del lado tubos queda:

$$h = 398,17 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} + 109.851,89 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} = 110.250 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

El coeficiente de transferencia de calor del lado de carcasa corresponde a vapor condensante y es un dato conocido.

$$h_o = 1.500 \frac{BTU}{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F} \equiv 8.511,70 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

3.8.3. Coefficientes globales de transferencia de calor

El coeficiente global de transferencia sucio se calcula como sigue:

$$U_D = \frac{\dot{Q}}{A \times DTML} = \frac{524.358,37 \frac{BTU}{h}}{48,17 \text{ pies}^2 \times 164,63 \text{ } ^\circ F} = 66,12 \frac{BTU}{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F} \equiv 377,344 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

El coeficiente global limpio surge a partir de los coeficientes peliculares de transferencia:

$$U_C = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{110.250 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times 8.511,70 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}}{110.250 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} + 8.511,70 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} = 7.901,67 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Finalmente, se calcula el factor de obstrucción (R_d calculado) y se verifica contra el R_d requerido obtenido a partir de los R_d individuales.

$$R_{d \text{ calculado}} = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D} = \frac{7.901,67 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} - 377,344 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}}{7.901,67 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times 377,344 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} = 0,0025 \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

Factores de obstrucción ($m^2 \text{ } ^\circ C/W$)	
R_d vapor de etanol	0,0000705
R_d mezcla etanol, solución NaOH y lignina	0,000176
R_d requerido	0,000138

Tabla N° 64: Factores de obstrucción para los fluidos por tubos y por carcasa, y factor R_d requerido.

El factor de obstrucción para la mezcla líquida se consideró como el R_d de mezclas orgánicas en ebullición.

El factor de obstrucción total se calculó ponderando los factores de los componentes individuales.

Dado que el R_d requerido es menor que el R_d calculado, el equipo supuesto verifica las condiciones de funcionamiento teórico.

3.8.4. Especificaciones técnicas

L-EV-01	
Tipo	Vaporizador vertical de calandria
Área de transferencia (pie²) / (m²)	47,90 / 4,45
Tubos	
Fluido por tubos	Mezcla de etanol, solución de NaOH y lignina
Caudal (kg/h)	2.082,40
Temperatura de entrada (°C)	40
Temperatura de salida (°C)	78,40
Largo (pie) / (m)	4 / 1,22
Diámetro externo, DE (pulgada)	$\frac{3}{4}$
BWG	12
Diámetro interno, di (pulgada)	0,532
Arreglo	Triangular
Paso (pulgada)	1
Paso por tubos, n	1
Número de tubos, N	61
Distancia libre entre tubos (pulgada)	$\frac{1}{4}$
Pérdida de carga total (lb/plg² / bar)	0,073 / 0,0050
Carcasa	
Fluido por carcasa	Vapor de agua saturado a 5 bar
Caudal (kg/h)	259,33
Temperatura de entrada (°C)	152
Temperatura de salida (°C)	152
Diámetro de carcasa, Ds (pulgada)	10
Paso por carcasa	1

Tabla N° 65: Especificaciones técnicas L-EV-01.

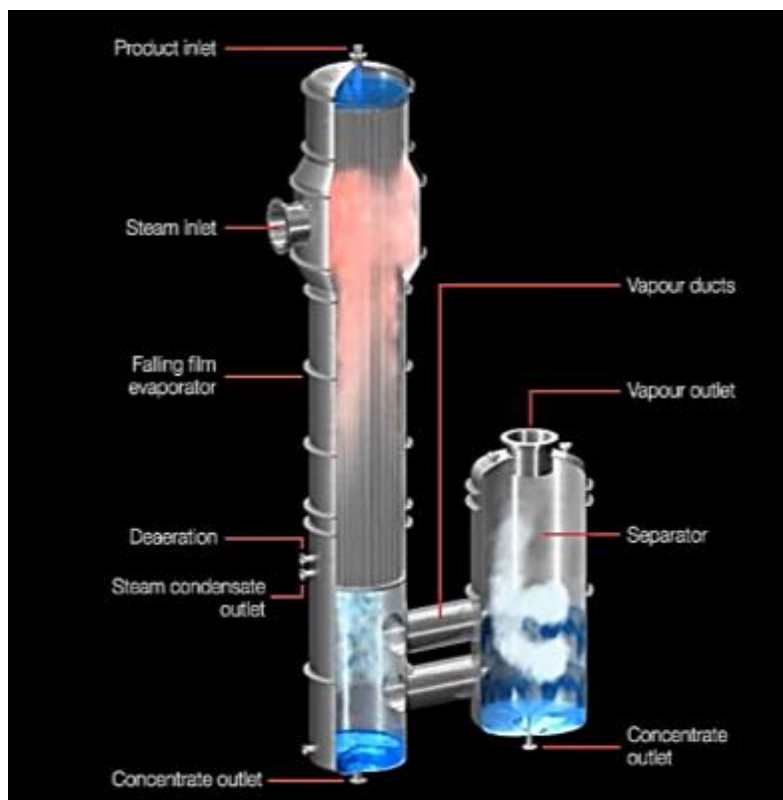


Figura N° 20: Esquema de un evaporador de película descendente.

3.9. Evaporador L-EV-02

La corriente líquida de salida del evaporador L-EV-01 ingresará a un segundo evaporador de película descendente para vaporizar una porción más del etanol remanente en la corriente.

A continuación, se presentan las características y temperaturas de las corrientes:

Caudal de entrada de mezcla (kg/h)	1.679,08
Caudal evaporado de etanol (kg/h)	334,75
Porcentaje de evaporación	83%
Temperatura de entrada de la mezcla (°C)	78,40
Temperatura de salida de la mezcla (°C)	78,40
Fluido de intercambio	Vapor de agua saturado (5 bar)
Temperatura de entrada del vapor (°C)	152
Temperatura de salida del vapor (°C)	152
DTML (°C) / (°F)	73,60 / 132,48
Energía térmica requerida (MJ/h)	281,52
Caudal de vapor (kg/h)	131,97

Tabla N° 66: Datos de las corrientes en L-EV-02.

3.9.1. Dimensionamiento

Este equipo se diseñó siguiendo los mismos pasos de cálculo que el L-EV-01. El área del equipo se calcula a partir del límite de 12.000 BTU/h.pie² como se muestra a continuación:

$$\dot{Q} = 281,52 \frac{MJ}{h} \times \frac{10^6 J}{1 MJ} \times \frac{9,4782 \times 10^{-4} BTU}{1 J} = 266.833,47 \frac{BTU}{h}$$

$$\left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)_{\text{máx}} = 12.000 \frac{BTU}{h.pie^2}$$

$$A = \frac{266.833,47 \frac{BTU}{h}}{12.000 \frac{BTU}{h.pie^2}} = 22,24 pie^2$$

Al igual que en L-EV-01, se busca una tasa de recirculación de líquido mínima de 4:1 para asegurar el flujo a través del equipo. Se ha definido que el porcentaje de etanol vaporizado sea del 83% máximo para lograr una tasa de recirculación mayor a 4:

$$Tasa\ de\ recirculación = \frac{Caudal\ de\ líquido\ recirculado}{Caudal\ de\ vapor}$$

$$Tasa\ de\ recirculación = \frac{Caudal\ de\ líquido\ alimentado - Caudal\ de\ vapor}{Caudal\ de\ vapor}$$

$$Tasa\ de\ recirculación = \frac{1.679,08 \frac{kg}{h} - 334,75 \frac{kg}{h}}{334,75 \frac{kg}{h}} = 4,02$$

A partir del área calculada, se supondrá un vaporizador de manera tal que cumpla con la misma. Las características del equipo supuesto se presentan a continuación y fueron obtenidas después de algunas pruebas:

Fluido por tubos	Solución de NaOH, lignina disuelta y vapores de etanol
Fluido por coraza	Vapor de agua saturado a 4 bar
Largo de tubos, L (pie) / (m)	3,45 / 1,52
DE (pulgada)	¾
BWG	12
DI (pulgada)	0,532
Arreglo	Triangular
Paso (pulgada)	1
Pasos por tubos (n)	1
Superficie por pie lineal exterior (a) (pie²/pie)	0,1963

Tabla N° 67: Características del equipo L-EV-02 supuesto.

Los datos presentados se obtuvieron de los anexos del libro.

El número de tubos será:

$$N = \frac{A}{a \times L} = \frac{22,24 \text{ pie}^2}{0,1963 \frac{\text{pie}^2}{\text{pie}} \times 3,45 \text{ pies}} \cong 33$$

Redondeando a la primera cantidad de tubos siguientes por tablas se obtienen 37 tubos para el arreglo elegido.

Tubos de 3/4" DE, arreglo triangular de 1 plg

Coraza DI, plg	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P
8	37	30	24	24	
10	61	52	40	36	
12	92	82	76	74	70
13 1/4	109	106	86	82	74
15 1/4	151	138	122	118	110
17 1/4	203	196	178	172	166
19 1/4	262	250	226	216	210
21 1/4	316	302	278	272	260
23 1/4	384	376	352	342	328
25	470	452	422	394	382
27	559	534	488	474	464
29	630	604	556	538	508
31	745	728	678	666	640
33	856	830	774	760	732
35	970	938	882	864	848
37	1074	1044	1012	986	870
39	1206	1176	128	1100	078

Tabla N° 68: Disposición de los espejos de tubos. Tomada de Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 947, McGraw Hill Book Company.

Por lo tanto, el diámetro de carcasa será 8 pulgadas y el área real del evaporador queda:

$$A = N \times L \times a = 37 \times 3,45 \text{ pies} \times 0,1963 \frac{\text{pie}^2}{\text{pie}} = 25,06 \text{ pies}^2$$

Dando un exceso de área aceptable de 12,70%. Luego de verificar el área, debemos comprobar si el gradiente motor es superior a la pérdida de carga total en tubos para asegurar la circulación del fluido. La resistencia total se compone de la presión estática de la columna y la caída de presión.

Para el cálculo de la presión de la columna se necesita el volumen específico del líquido (v_i) y el volumen específico de salida (v_0).

Densidad del vapor de etanol (lb/pie³)	0,106
Volumen específico del vapor de etanol (pie³/lb)	9,43
Densidad del líquido (lb/pie³)	64,92
Volumen específico del líquido (v_i) (pie³/lb)	0,015
Volumen específico de salida (v_0) (pie³/lb)	1,89

Tabla N° 69: Densidades y volúmenes específicos de las corrientes en L-EV-02.

La densidad del vapor de etanol se obtuvo del simulador Aspen HYSYS y la densidad del líquido fue calculada ponderando las densidades de los componentes.

3.9.1.1. Presión estática de la columna

El volumen específico de salida se calcula como sigue:

$$\dot{m}_e = 1.679,08 \frac{kg}{h} \times 2,205 \frac{lb}{kg} = 3.702,38 \frac{lb}{h}$$

$$v_o = \frac{v_T}{\dot{m}_e} = \frac{9,43 \frac{pie^3}{lb} \times 334,75 \frac{kg}{h} \times 2,205 \frac{lb}{kg} + 0,011 \frac{pie^3}{lb} \times (1.679,08 \frac{kg}{h} - 334,75 \frac{kg}{h}) \times 2,205 \frac{lb}{kg}}{3.702,38 \frac{lb}{h}}$$

$$v_o = 1,89 \frac{pie^3}{lb}$$

$$P = 2,30 \times \frac{L}{144 \times (v_o - v_i)} \times \log\left(\frac{v_o}{v_i}\right) = 2,30 \times \frac{3,45 \text{ pies}}{144 \times (1,89 - 0,017) \frac{pie^3}{lb}} \times \log\left(\frac{1,89}{0,017}\right) = 0,061 \frac{lb}{plg^2}$$

3.9.1.2. Caída de presión

Debe calcularse el número de Reynolds para poder conocer el factor de fricción del lado de tubos. Para ello, se calcula el flujo másico por unidad de área como:

$$G_t = \frac{\dot{m}_e}{a_t}$$

$$a_t = N \times a'_t$$

Donde a'_t representa el área de flujo por tubo y a_t , el área de flujo total en pie^2 . El área de flujo por tubo se obtiene de la Tabla N° 60.

$$a_t = 37 \text{ tubos} \times 0,223 \frac{plg^2}{\text{tubo}} \times \left(\frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}}\right)^2 = 0,057 \text{ pie}^2$$

$$G_t = \frac{\dot{m}_e}{a_t} = \frac{3.702,38 \frac{lb}{h}}{0,057 \text{ pie}^2} = 64.954,04 \frac{lb}{h \cdot \text{pie}^2}$$

El número de Reynolds dentro de tubos es:

$$Re_t = \frac{d_i \times G_t}{\mu} = \frac{0,532 \text{ plg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} \times 64.954,04 \frac{lb}{h \cdot \text{pie}^2}}{0,0173 \frac{lb}{h \cdot \text{pie}}} = 166.452,55$$

El diámetro interno de tubos se obtuvo de la Tabla N° 60 (tubos de ¾ plg, BWG 12) y la viscosidad del vapor de etanol se obtuvo del simulador HYSYS. Se ingresa con el número de Reynolds al gráfico de la Figura N° para conocer el factor de fricción.

$$f = 0,00013 \frac{pie^2}{plg^2}$$

Se calcula la densidad promedio relativa como sigue:

$$s_{prom} = \frac{\left(\frac{1}{v_i} + \frac{1}{v_o}\right)}{2} = \frac{\left(\frac{1}{0,015 \frac{pie^3}{lb}} + \frac{1}{1,89 \frac{pie^3}{lb}}\right) \times \frac{1 \frac{g}{cm^3}}{62,50 \frac{lb}{pie^3}}}{2} = 0,52$$

Finalmente, la caída de presión será:

$$\Delta P_t = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times di \times s_{prom} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}} = \frac{0,00013 \frac{pie^2}{plg^2} \times \left(64,954,04 \frac{lb}{h.pie^2}\right)^2 \times 3,45 \text{ pies} \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,532 \text{ plg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} \times 0,52 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 0,0016 \frac{lb}{plg^2}$$

3.9.1.3. Pérdida de carga total y gradiente motor

Como se mencionó anteriormente, la pérdida de carga total se compone de la sumatoria de la presión estática de la columna y la caída de presión.

$$Pérdida \text{ de carga total} = P + \Delta P_t = 0,061 \frac{lb}{plg^2} + 0,0016 \frac{lb}{plg^2} = 0,063 \frac{lb}{plg^2}$$

Esta resistencia debe ser comparada contra el gradiente motor que existe en los tubos para corroborar que éste último sea mayor.

$$Gradiente \text{ motor} = L \times \rho_L = 3,45 \text{ pies} \times 64,92 \frac{lb}{pie^3} = 223,97 \frac{lb}{pie^2} \equiv 1,56 \frac{lb}{plg^2}$$

Por lo tanto, se verifica que el Gradiente motor es mayor que la Pérdida de carga total en tubos y el fluido circulará naturalmente sin inconvenientes.

3.9.2. Cálculo de los coeficientes peliculares

Para el cálculo del coeficiente pelicular del fluido frío dentro de tubos, debe analizarse nuevamente el tipo de ebullición que se presenta. El tipo de flujo existente en un sistema bifásico depende de la velocidad másica del fluido y de la cantidad relativa de vapor y líquido. Se determina a continuación, x , la fracción másica de vapor circulante y G , la densidad de flujo.

$$x = \frac{W_V}{W_V + W_L} = \frac{334,75 \frac{kg}{h}}{1.679,08 \frac{kg}{h}} = 0,199$$

$$G = \frac{W}{a_t} = \frac{1.679,08 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{0,057 pie^2 \times (0,3048)^2 \frac{m^2}{pie^2}} = 87,62 \frac{kg}{m^2 s}$$

Luego, se calcula el parámetro de Lockhardt Martinelli, X_{tt} que nos permite ingresar en el gráfico de datos experimentales para determinar el tipo de ebullición que se presenta.

$$X_{tt} = \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0,9} \times \left(\frac{\rho_V}{\rho_L}\right)^{0,5} \times \left(\frac{\mu_L}{\mu_V}\right)^{0,1} = \left(\frac{1-0,199}{0,199}\right)^{0,9} \times \left(\frac{1,70 \frac{kg}{m^3}}{1.039,87 \frac{kg}{m^3}}\right)^{0,5} \times \left(\frac{4,70 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{4,44 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}\right)^{0,1}$$

$$X_{tt} = 0,142$$

$$\frac{1}{X_{tt}} = 7,04$$

Las propiedades del vapor de etanol se obtuvieron del simulador HYSYS y se muestran en la Tabla N° 70:

Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida	
Viscosidad del vapor de etanol (kg/ms)	4,44x10 ⁻⁴
Densidad del vapor de etanol (kg/m ³)	1,70
Densidad del líquido (kg/m ³)	1.039,87
Calor específico del líquido c_{pL} (J/kg°C)	1.673,60
Viscosidad del líquido μ_L (kg/ms)	4,70x10 ⁻⁴
Conductividad térmica del líquido k_L (W/m°C)	0,017

Tabla N° 70: Propiedades del vapor de etanol y de la mezcla líquida.

El flujo que se presenta en los tubos, a partir de la Figura N°, es del tipo anular. Por lo tanto, debe utilizarse la correlación válida para este régimen de flujo. La transmisión de calor para régimen de flujo anular se da por convección forzada con transferencia a través del anillo de líquido.

Se utiliza entonces, la correlación de Chen que parte del postulado de que en el proceso de transferencia de calor para la ebullición de fluidos saturados en movimientos intervienen dos mecanismos superpuestos: uno macroconvectivo y uno microconvectivo, asociado con la nucleación y el desprendimiento de burbujas.

$$h = h_N + h_{TP}$$

Donde:

$$h_{TP} = 0,023 \times Re_L^{0,8} \times Pr_L^{0,4} \times \left(\frac{k_L}{di}\right) \times F$$

Pueden reemplazarse los números adimensionales por los correspondientes a la mezcla líquida como se explicó en el diseño del L-EV-01. Re_L es el número de Reynolds que existiría si solo el líquido circulara por el tubo. El factor F es un parámetro de flujo por lo que resulta lógico expresarlo en función del parámetro de Lockhardt Martinelli como se ve a continuación.

$$F = \left(\frac{Re_{TP}}{Re_L}\right)^{0,8}$$

Por lo tanto, con $1/X_{tt}=7,04$:

$$F = 10$$

$$Re_L = \frac{G \times (1-x) \times di}{\mu_L} = \frac{\left(87,62 \frac{kg}{m^2s} \times (1-0,199) \times 0,532 plg \times \frac{0,0254 m}{1 plg}\right)}{4,70 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 2.017,82$$

$$Pr_L = \frac{cp_L \times \mu_L}{k_L} = \frac{1.673,60 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 4,70 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{0,017 \frac{J}{s m^{\circ}C}} = 46,27$$

$$h_{TP} = 0,023 \times 2.017,82^{0,8} \times 46,27^{0,4} \times \left(\frac{0,017 \frac{W}{m^{\circ}C}}{0,532 plg \times \frac{0,0254 m}{1 plg}}\right) \times 10 = 590,82 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Para el cálculo de h_N se utilizó la correlación de Mostinsky que es más sencilla que la correlación elaborada por Chen en base al modelo de Forster y Zuber.

$$h_N = 0,00417 \times pc^{0,69} \times q^{0,7} \times \left(1,80 \times \left(\frac{p}{pc}\right)^{0,17} + 4 \times \left(\frac{p}{pc}\right)^{1,2}\right) \times S$$

Donde S es un factor de supresión que se obtiene de la Figura N°:

$$S = \left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_{SAT}} \right)^{0,99}$$

Siendo ΔT_e el sobrecalentamiento efectivo de burbuja y ΔT_{SAT} , el sobrecalentamiento de pared: $(T_w - T_{SAT})$.
S puede obtenerse del siguiente gráfico de datos experimentales.

$$Re_{TP} = Re_L \times F^{1,25} = 2.017,82 \times 10^{1,25} = 35.882,48$$

$$S = 0,74$$

La presión crítica de la mezcla líquida se obtuvo del software HYSYS. Se calcula q (W/m^2) a partir de la energía térmica calculada en el balance energético:

$$q = \frac{\dot{Q}}{a_t} = \frac{281,52 \times 10^6 \frac{J}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{0,057 \text{ pie}^2 \times \left(\frac{0,3048 \text{ pie}}{1 m} \right)^2} = 1,47 \times 10^7 \frac{W}{m^2}$$

$$p_c = 3.226,39 \text{ kPa}$$

$$h_N = 0,00417 \times 3.226,39 \text{ kPa}^{0,69} \times 1,47 \times 10^7 \frac{W}{m^2} \times \left(1,80 \times \left(\frac{101,33}{3.226,39} \right)^{0,17} + 4 \times \left(\frac{101,33}{3.226,39} \right)^{1,2} \right) \times 0,74$$

$$h_N = 89.860,20 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Finalmente, el coeficiente pelicular del lado tubos queda:

$$h = 590,82 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} + 89.860,20 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} = 90.451 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

El coeficiente de transferencia de calor del lado de carcasa corresponde a vapor condensante y es un dato conocido.

$$h_o = 1.500 \frac{BTU}{h \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ F} \equiv 8.511,70 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

3.9.3. Coefficientes globales de transferencia de calor

El coeficiente global de transferencia sucio se calcula como sigue:

$$U_D = \frac{\dot{Q}}{A \times DTML} = \frac{266.833,47 \frac{BTU}{h}}{25,06 \text{ pies}^2 \times 132,48 \text{ }^\circ F} = 80,38 \frac{BTU}{h \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{ }^\circ F} \equiv 456,11 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}$$

El coeficiente global limpio surge a partir de los coeficientes peliculares de transferencia:

$$U_C = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{90.451 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C} \times 8.511,70 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}}{90.451 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C} + 8.511,70 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}} = 7.779,62 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}$$

Finalmente, se calcula el factor de obstrucción (R_d calculado) y se verifica contra el R_d requerido obtenido a partir de los R_d individuales.

$$R_{d \text{ calculado}} = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D} = \frac{7.779,62 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C} - 456,11 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}}{7.779,62 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C} \times 456,11 \frac{W}{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}} = 0,0021 \frac{m^2 \cdot \text{ }^\circ C}{W}$$

Factores de obstrucción ($m^2 \cdot \text{ }^\circ C / W$)	
R_d vapor de etanol	0,0000705
R_d mezcla etanol, solución NaOH y lignina	0,000176
R_d requerido	0,000131

Tabla N° 71: Factores de obstrucción para los fluidos por tubos y por carcasa, y factor R_d requerido.

El factor de obstrucción para la mezcla líquida se consideró como el R_d de mezclas orgánicas en ebullición.

El factor de obstrucción total se calculó ponderando los factores de los componentes individuales.

3.9.4. Especificaciones técnicas

L-EV-02	
Tipo	Vaporizador vertical de calandria
Área de transferencia (pie²) / (m²)	25,06 / 2,33
Tubos	
Fluido por tubos	Mezcla de etanol, solución de NaOH y lignina
Caudal (kg/h)	1.679,08
Temperatura de entrada (°C)	78,40
Temperatura de salida (°C)	78,40
Largo (pie) / (m)	3,45 / 1,05
Diámetro externo, DE (pulgada)	¾
BWG	12
Diámetro interno, di (pulgada)	0,532
Arreglo	Triangular
Paso (pulgada)	1
Paso por tubos, n	1
Número de tubos, N	37
Distancia libre entre tubos (pulgada)	¼
Pérdida de carga total (bar)	0,0043
Carcasa	
Fluido por carcasa	Vapor de agua saturado a 5 bar
Caudal (kg/h)	131,97
Temperatura de entrada (°C)	152
Temperatura de salida (°C)	152
Diámetro de carcasa, Ds (pulgada)	8
Paso por carcasa	1

Tabla N° 72: Especificaciones técnicas L-EV-02.

3.10. Condensador L-C-01

El etanol evaporado en la etapa previa de evaporación se recuperará por condensación y subenfriamiento por tratarse de un fluido volátil. Se empleará un equipo condensador-subenfriador vertical. El fluido de enfriamiento será agua a temperatura 20°C y circulará por tubos. Se muestran en la siguiente tabla las características de las corrientes:

Caudal de etanol (kg/h)	738,06
Temperatura de entrada del etanol (°C)	78,40
Temperatura de salida del etanol (°C)	50
Fluido de intercambio	Agua
Caudal (kg/h)	8.036,54
Temperatura de entrada del agua (°C)	20
Temperatura de salida del agua (°C)	40

Tabla N° 73: Datos de las corrientes en L-C-01.

El diseño de este condensador se llevó a cabo siguiendo los pasos de cálculo del libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos de E. Cao.

El equipo condensador posee dos zonas, una de calor latente, donde se produce la condensación del etanol a 78,40°C, y otra de calor sensible donde tiene lugar el subenfriamiento desde 78,40°C a 50°C. Por lo tanto, los cálculos se dividen en estas dos zonas. Se muestran a continuación los datos térmicos:

Calor latente (MJ/h)	620,71
Calor sensible (MJ/h)	51,14
Energía térmica total (MJ/h)	671,85
Temperatura t_3 del agua (°C)	21,52
DTML_{LATENTE} (°C)	47,04
DTML_{SENSIBLE} (°C)	42,02

Tabla N° 74: Datos térmicos de las corrientes en L-C-01.

La temperatura t_3 del agua se calcula como sigue y es la temperatura en el punto de transición desde la zona de latente a la de calor sensible.

$$t_3 = t_2 - \frac{Q_{latente}}{\dot{m} \times c_p} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} - \frac{620.710 \frac{\text{J}}{\text{h}}}{8.036,54 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 4,18 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}} = 21,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Siendo t_2 la temperatura de salida del agua. Conociendo esta temperatura, pueden calcularse los DTML para ambas zonas como se ve en la Tabla N° 74: Datos térmicos de las corrientes en L-C-01.

3.10.1. Dimensionamiento

El condensador L-C-01 tendrá dos pasos por tubos y uno por coraza por lo cual, deben calcularse los parámetros R y S para conocer el factor Ft de corrección de las diferencias logarítmicas de temperaturas en intercambiadores con más de un paso por tubos.

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{78,40 \text{ }^\circ\text{C} - 50 \text{ }^\circ\text{C}}{40 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}} = 1,42$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{40 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}}{78,40 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,34$$

Ingresando con los parámetros al siguiente gráfico obtenemos el factor de corrección Ft:

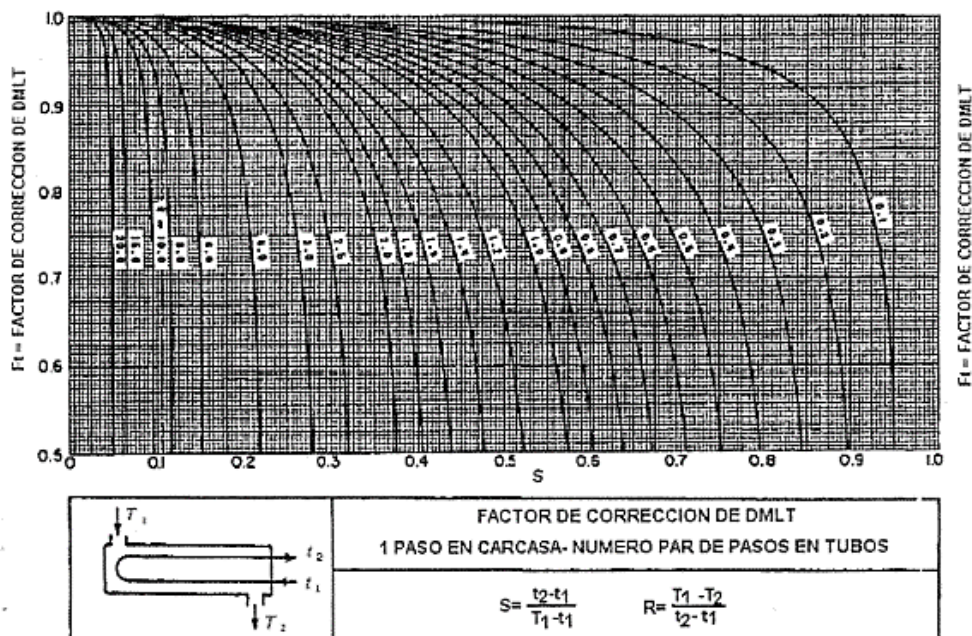


Figura N° 21: Factor de corrección para DTML en intercambiadores de 1 paso por carcasa y número par de pasos en tubos. Tomada de "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" por E. Cao, 2004, página 399.

$$Ft = 0,95$$

$$DTML_{LATENTE} \times Ft = 44,68 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$DTML_{SENSIBLE} \times Ft = 39,91 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para iniciar el diseño, se propone el siguiente equipo:

Fluido por tubos	Agua
Fluido por coraza	Etanol
Largo de tubos, L (m)	2,70
DE (pulgada)	$\frac{3}{4}$
BWG	10
DI (pulgada)	0,48
Arreglo	Triangular
Paso, Pt (pulgada)	1
Pasos por tubos (n)	2
Superficie por pie lineal exterior (a) (pie²/pie)	0,1963
Número de tubos, N	60

Tabla N° 75: Características del equipo L-C-01 propuesto.

Las características de los tubos se obtuvieron de la Tabla N° 60: Datos de tubos para condensadores e intercambiadores de calor. Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 948, McGraw Hill Book Company. A partir de estos datos, se calcula el área de transferencia que deberá verificarse contra el área requerida por el proceso:

$$A = N \times L \times a = 60 \times 2,70 \text{ m} \times 0,1963 \frac{\text{pie}^2}{\text{pie}} \times \frac{0,093 \text{ m}^2}{1 \text{ pie}^2} \times \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} = 9,69 \text{ m}^2$$

El diámetro de carcasa se obtiene de la tabla siguiente para 60 tubos de $\frac{3}{4}$ ”, paso de 1”, arreglo triangular y dos pasos tubos en “U”:

DISPOSICION DE TUBOS EN INTERCAMBIADORES DE CALOR

															Diámetro carcasa (pulgadas)				
37	35	33	31	29	27	25	23 1/2	21 1/2	19 1/2	17 1/2	16 1/2	13 1/2	12	10	8				
1269	1143	1019	881	763	663	553	481	391	307	247	193	135	105	69	33	3/4" en 15/16" Δ			Tubos fijos
1127	1007	889	765	667	577	493	423	343	277	217	157	117	91	57	33	3/4" en 1" Δ			
965	881	785	685	587	495	419	355	287	235	183	139	101	85	53	33	3/4" en 1" □			
699	633	551	481	427	361	307	247	205	163	133	103	73	57	33	15	1" en 1 1/4" Δ			
595	545	477	413	359	293	255	215	179	139	111	83	65	45	33	17	1" en 1 1/4" □			
1242	1088	964	846	734	626	528	452	370	300	228	166	124	94	58	32	3/4" en 15/16" Δ			Dos pasos tubos fijos
1088	972	858	746	646	556	468	398	326	264	208	154	110	90	56	28	3/4" en 1" Δ			
946	840	746	644	560	486	408	346	280	222	172	126	94	78	48	28	3/4" en 1" □			
688	608	530	482	410	346	292	244	204	162	126	92	62	52	32	18	1" en 1 1/4" Δ			
584	522	460	402	348	298	248	218	172	136	106	78	58	40	26	12	1" en 1 1/4" □			
1126	1008	882	768	648	558	460	396	304	234	180	134	94	64	34	8	3/4" en 15/16" Δ			Dos pasos tubos en "U"
1000	882	782	674	568	484	408	336	270	212	158	108	72	50	26	8	3/4" en 1" Δ			
884	778	688	586	506	436	362	304	242	188	142	100	72	52	30	12	3/4" en 1" □			
610	532	466	396	340	284	234	192	154	120	84	58	42	24	4	XX	1" en 1 1/4" Δ			
526	464	406	356	304	256	214	180	134	100	76	58	38	22	12	XX	1" en 1 1/4" □			
1172	1024	904	788	680	576	484	412	332	266	196	154	108	84	48	XX	3/4" en 15/16" Δ			Cuatro pasos tubos fijos
1024	912	802	692	596	508	424	360	292	232	180	134	96	72	44	XX	3/4" en 1" Δ			
880	778	688	590	510	440	368	308	242	192	142	106	88	72	48	XX	3/4" en 1" □			
638	560	488	422	368	308	258	212	176	138	104	78	60	44	24	XX	1" en 1 1/4" Δ			
534	478	414	360	310	260	214	188	142	110	84	74	60	40	24	XX	1" en 1 1/4" □			
1092	976	852	740	622	534	438	378	286	218	166	122	84	56	28	XX	3/4" en 15/16" Δ			Cuatro pasos tubos en "U"
968	852	744	648	542	462	386	318	264	198	146	98	64	52	20	XX	3/4" en 1" Δ			
852	748	660	560	482	414	342	286	226	174	130	90	64	44	24	XX	3/4" en 1" □			
584	508	440	378	322	268	218	186	142	110	84	74	60	40	24	XX	1" en 1 1/4" Δ			
500	440	384	338	286	238	198	166	122	90	66	50	32	16	XX	XX	1" en 1 1/4" □			
1106	984	844	732	632	532	440	372	294	230	174	116	80	XX	XX	XX	3/4" en 15/16" Δ			Seis pasos tubos fijos
964	852	744	640	548	464	388	322	258	202	158	104	66	XX	XX	XX	3/4" en 1" Δ			
818	724	634	536	460	394	324	266	212	158	116	78	54	XX	XX	XX	3/4" en 1" □			
566	514	442	382	338	274	226	182	142	112	82	56	34	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" Δ			
484	430	368	318	268	226	184	154	116	88	66	44	XX	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" □			
1058	944	826	716	596	510	416	358	272	206	156	110	74	XX	XX	XX	3/4" en 15/16" Δ			Seis pasos tubos en "U"
940	826	720	626	518	440	366	300	238	184	134	88	56	XX	XX	XX	3/4" en 1" Δ			
820	718	632	534	458	392	322	268	210	160	118	80	56	XX	XX	XX	3/4" en 1" □			
562	488	426	358	304	252	206	168	130	100	68	42	30	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" Δ			
478	420	362	316	268	224	182	152	110	80	60	42	XX	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" □			
1040	902	790	682	576	484	398	332	256	188	140	94	XX	XX	XX	XX	3/4" en 15/16" Δ			Ocho pasos tubos fijos
902	798	694	588	496	422	344	286	224	170	124	82	XX	XX	XX	XX	3/4" en 1" Δ			
760	662	574	490	414	352	286	228	174	132	94	XX	XX	XX	XX	XX	3/4" en 1" □			
542	466	400	342	298	240	190	154	120	90	66	XX	XX	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" Δ			
438	388	334	280	230	192	150	128	94	74	XX	XX	XX	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" □			
1032	916	796	688	578	490	398	342	264	190	142	102	88	XX	XX	XX	3/4" en 15/16" Δ			Ocho pasos tubos en "U"
908	796	692	600	498	422	350	286	228	170	122	82	XX	XX	XX	XX	3/4" en 1" Δ			
792	692	608	512	438	374	304	254	194	146	106	70	48	XX	XX	XX	3/4" en 1" □			
540	464	404	340	290	238	190	154	118	90	58	38	34	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" Δ			
454	396	344	300	254	206	170	142	98	70	50	34	XX	XX	XX	XX	1" en 1 1/4" □			

Tabla N° 76: Disposición de tubos en intercambiadores de calor. Tomada de "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" por E. Cao, 2004, página 408.

$$D_s = 12 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Distancia libre entre tubos} = c = Pt - DE = 1 \text{ plg} - \frac{3}{4} \text{ plg} = \frac{1}{4} \text{ plg} \cong 6,35 \text{ mm}$$

El condensador tendrá 5 baffles y la separación entre ellos será:

$$\text{Separación entre baffles} = B = \frac{L}{N_b + 1} = \frac{2,70 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}}{5 + 1} = 45 \text{ cm}$$

3.10.2. Cálculo del coeficiente pelicular h_{i0}

Para el agua que circulará por tubos se calcula el coeficiente pelicular mediante la correlación de Furman:

$$h_i = 1.423 \times (1 + 0,0146 \times t_{media}) \times \left(\frac{v^{0,80}}{Di^{0,20}} \right)$$

Siendo v la velocidad lineal media del agua por los tubos.

$$v = \frac{\dot{m}_{agua}}{a_t \times \rho}$$

a_t es el área de flujo por tubos y se calcula de la siguiente manera. El diámetro interno de tubos se obtiene de la Tabla N° 60.

$$a_t = \pi \times \frac{Di^2}{4} \times \frac{N}{n} = \pi \times \frac{(0,0122 \text{ m})^2}{4} \times \frac{60}{2} = 0,0035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{8.459,52 \frac{kg}{h} \times \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}}{0,0035 \text{ m}^2 \times 1.000 \frac{kg}{m^3}} = 0,665 \frac{m}{s}$$

$$t_{media} = \frac{20 \text{ }^\circ\text{C} + 40 \text{ }^\circ\text{C}}{2} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

El caudal de agua y las temperaturas de entrada y salida de la corriente se muestran en la Tabla N° 73.

Los límites de aplicación de la correlación son:

$$0,30 \frac{m}{s} < v < 3 \frac{m}{s}$$

$$5 \text{ }^\circ\text{C} < t_{media} < 95 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$0,01 \text{ m} < Di < 0,05 \text{ m}$$

Finalmente, el coeficiente pelicular para el lado tubos queda:

$$h_i = 1.423 \times (1 + 0,0146 \times 30^\circ\text{C}) \times \frac{\left(0,665 \frac{m}{s}\right)^{0,80}}{(0,0122 \text{ m})^{0,20}} = 3.419,97 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}}$$

Para obtener h_{i0} debemos referirlo al diámetro externo de tubos.

$$h_{i0} = h_i \times \frac{DE}{Di} = 3.419,97 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}} \times \frac{0,019 \text{ m}}{0,0122 \text{ m}} = 5.321,54 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}}$$

3.10.3. Zona de calor latente

Deben calcularse los coeficientes peliculares del lado carcasa en ambas zonas para luego calcular el área requerida por cada una de ellas.

En esta zona el etanol condensará manteniendo su temperatura de 78,40°C.

3.10.3.1. Cálculo del coeficiente pelicular h_o

La correlación de Colburn para condensación de vapores sobre un haz de tubos verticales es la siguiente:

$$h_f \times \left(\frac{\mu_L^2}{k_L^3 \times \rho_L^2 \times g} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,47 \times \left(\frac{4 \times G'}{\mu_L} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Se define G' como el caudal másico en un tubo sobre el perímetro:

$$G' = \frac{\dot{m}}{P \times N} = \frac{\dot{m}}{\pi \times DE \times N}$$

$$G' = \frac{738,06 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{\pi \times \frac{3}{4} plg \times \frac{0,0254 m}{1 plg} \times 60} = 0,057 \frac{kg}{ms}$$

Las propiedades del condensado se muestran en la siguiente tabla:

Propiedades del condensado a 78,40°C	
Viscosidad, μ_L (kg/m.s)	4,44 x 10 ⁻⁴
Densidad, ρ_L (kg/m ³)	757
Conductividad térmica, k_L (W/m°C)	0,156
Calor específico, cp_L (J/kg°C)	3.190

Tabla N° 77: Propiedades del etanol condensado a 78,40°C.

$$h_f = 1,47 \times \left(\frac{4 \times 0,057 \frac{kg}{ms}}{4,44 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\left(4,44 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms} \right)^2}{\left(0,156 \frac{W}{m^{\circ}C} \right)^3 \times \left(757 \frac{kg}{m^3} \right)^2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \right)^{\frac{1}{3}} = 874,40 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Una de las hipótesis realizadas por Nusselt para la deducción de las expresiones anteriores era que el régimen fluidodinámico de la película es laminar. Esto se cumple para valores del número de Reynolds menores que 2.100. Dukler desarrolló un modelo semiteórico para películas en régimen turbulento. Se representa en el siguiente gráfico.

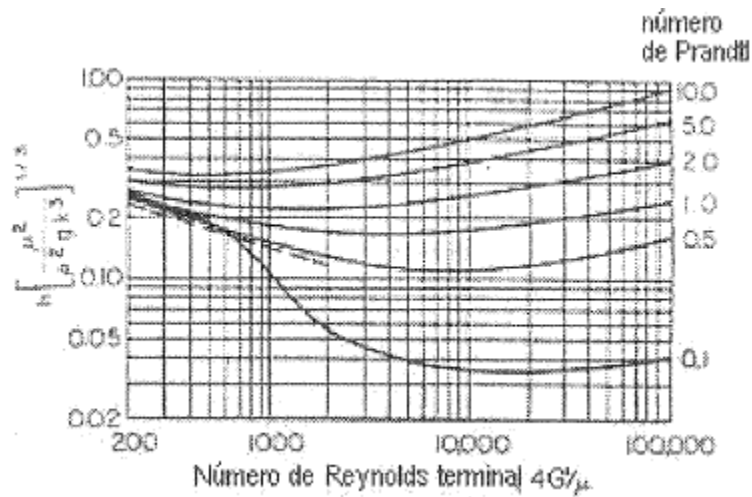


Figura N° 22: Gráfico de Dukler. Tomada de “Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos” por E. Cao, 2004, página 225.

Para bajos valores de Re, el coeficiente h se acerca a la predicción de Nusselt (línea punteada). Para altos valores de Re, en general los coeficientes calculados por Dukler son mucho mayores que los que se obtienen con correlaciones de Nusselt. Esto se explica por la aparición de corrientes convectivas en la película al hacerse turbulento el régimen. En estos equipos se utilizan baffles y la velocidad del vapor queda determinada por el espaciamiento entre los mismos. Debe corregirse el coeficiente pelicular por el efecto de la velocidad del vapor. Un modelo propuesto consiste en calcular el valor de h sumando al valor del coeficiente obtenido de la correlación de Dukler un efecto debido a la velocidad del vapor. El modelo se basa en las siguientes ecuaciones.

$$Nu = \frac{h'_f \times D}{k_L} = (X^4 \times Re^2 + Nu_f^4)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu_f = \frac{h_f \times D}{k_L}$$

Siendo h_f sin corregir y h'_f el coeficiente corregido por la velocidad del vapor.

$$Re = \frac{D \times G_s \times \rho_L}{\mu_L \times \rho_G}$$

$$G_s = \frac{\text{caudal de vapor}}{\text{área de flujo en carcasa}} = \frac{\dot{m}_s}{a_s}$$

$$X = 0,9 \times \left(1 + \frac{1}{R \times H}\right)^{1/3}$$

D es el diámetro exterior de tubos, DE. Los parámetros R y H se calculan con las siguientes expresiones.

$$R = \frac{\rho_L \times \mu_L}{\rho_G \times \mu_G}$$

$$H = \frac{cp_L \times (T_{sat} - T_w)}{Pr_L \times \lambda}$$

Donde Pr_L es el número de Prandtl del líquido:

$$Pr_L = \frac{cp_L \times \mu_L}{k_L}$$

Se muestran los cálculos a continuación. Inicialmente se calcula Nu_f .

$$Nu_f = \frac{874,40 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times \frac{3}{4} plg \times \frac{0,0254 m}{1 plg}}{0,156 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} = 106,78$$

Luego se calculan los parámetros R y H a partir de las propiedades del condensado y del vapor.

Propiedades del vapor a 78,40°C	
Viscosidad, μ_G (kg/m.s)	1,04 x 10 ⁻⁵
Densidad, ρ_G (kg/m ³)	1,44
Temperatura de saturación (°C)	78,40
Calor de vaporización (kJ/kg)	841

Tabla N° 78: Propiedades del vapor de etanol a 78,40°C.

$$R = \frac{757 \frac{kg}{m^3} \times 4,44 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{1,44 \frac{kg}{m^3} \times 1,04 \times 10^{-5} \frac{kg}{ms}} = 22.486,35$$

$$Pr_L = \frac{3.190 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \times 4,44 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}}{0,156 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} = 9,10$$

$$H = \frac{3.190 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \times (78,40^\circ C - 40^\circ C)}{9,10 \times 841.000 \frac{J}{kg}} = 0,016$$

La temperatura de pared (T_w) se supuso en 40°C y luego se verificará.

$$X = 0,90 \times \left(1 + \frac{1}{R \times H}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,90 \times \left(1 + \frac{1}{22.443,11 \times 0,015}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,901$$

El área de flujo por carcasa se calcula con la siguiente ecuación.

$$a_s = \frac{D_s \times c \times B}{Pt}$$

Donde c es la distancia libre entre tubos y B, la separación entre baffles.

$$a_s = \frac{12 \text{ plg} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ plg}} \times 0,00635 \text{ m} \times 0,45 \text{ m}}{1 \text{ plg} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ plg}}} = 0,034 \text{ m}^2$$

$$G_s = \frac{\dot{m}_s}{a_s} = \frac{\frac{738,06 \text{ kg}}{2} \times \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}}{0,034 \text{ m}^2} = 2,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}}$$

Se toma el caudal medio de vapor ya que a la entrada el caudal es todo vapor y a la salida no hay vapor.

$$Re = \frac{D \times G_s \times \rho_L}{\mu_L \times \rho_G} = \frac{0,019 \text{ m} \times 2,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}} \times 757 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{4,44 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{ms}} \times 1,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 67.262,84$$

$$Nu = (X^4 \times Re^2 + Nu_f^4)^{\frac{1}{4}} = (0,901^4 \times 67.262,84^2 + 106,78^4)^{\frac{1}{4}} = 236,18$$

$$Nu = \frac{h'_f \times D}{k_L} \rightarrow h'_f = h_o = Nu \times \frac{k_L}{D} = 236,18 \times \frac{0,156 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ \text{C}}}{0,019 \text{ m}} = 1.939,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ \text{C}}$$

3.10.3.2. Cálculo del coeficiente global de transferencia

Una vez obtenidos h_{io} y h_o , puede calcularse el coeficiente global de transferencia. Para ello, se seleccionan los factores de ensuciamiento para el lado tubos (R_{dt}) y el lado coraza (R_{ds}) según los fluidos involucrados. Para el agua, tomaremos el factor de ensuciamiento del agua de alimentación tratada para calderas.

$$\text{Temperatura del medio calefactor} = \text{Temperatura del etanol} = 78,40 \text{ }^\circ \text{C} \equiv 173 \text{ }^\circ \text{F} < 240 \text{ }^\circ \text{F}$$

$$\text{Temperatura del agua} = 40 \text{ }^\circ \text{C} \equiv 104 \text{ }^\circ \text{F} < 125 \text{ }^\circ \text{F}$$

$$v = 0,665 \frac{\text{m}}{\text{s}} \equiv 2,18 \frac{\text{pie}}{\text{s}} < 3 \frac{\text{pie}}{\text{s}}$$

$$R_{dt} = 0,001 \frac{\text{h. pie}^2 \text{ }^\circ \text{F}}{\text{BTU}} \equiv 0,000176 \frac{\text{m}^2 \text{ }^\circ \text{C}}{\text{W}}$$

Temperatura del medio calefactor	Hasta 240°F		240-400°F †	
Temperatura del agua	125°F o menos		Mas de 125°F	
Agua	Velocidad del agua, pps		Velocidad del agua, pps	
	3 pies o menos	Más de 3 pies	3 pies o menos	Más de 3 pies
Agua de mar	0.005	0.0005	0.001	0.001
Salmuera natural	0.002	0.001	0.003	0.002
Torre de enfriamiento y tanque con rocío artificial :				
Agua de compensación tratada	0.001	0.001	0.002	0.002
Sin tratar	0.003	0.003	0.005	0.004
Agua de la ciudad o de pozo (como Grandes Lagos)	0.001	0.001	0.002	0.002
Grandes Lagos	0.001	0.001	0.002	0.002
Agua de río:				
Mínimo	0.002	0.001	0.003	0.022
Mississippi	0.003	0.002	0.004	0.003
Delaware, Schykill	0.003	0.002	0.004	0.003
East River y New York Bay	0.003	0.002	0.004	0.003
Canal sanitario de Chicago	0.008	0.006	0.010	0.008
Lodosa o turbia	0.003	0.002	0.004	0.003
Dura (más de 15 granos/gal)	0.003	0.003	0.005	0.005
Enfriamiento de máquinas	0.001	0.001	0.001	0.001
Destilada	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Alimentación tratada para calderas	0.001	0.0005	0.001	0.001
Purga de calderas	0.002	0.002	0.002	0.002

Tabla N° 79: Coeficientes de ensuciamiento para distintos tipos de agua. Tomada de “Procesos de Transferencia de Calor” por D. Q. Kern, 1999, página 950, McGraw Hill Book Company.

Para los vapores de etanol se obtiene el factor de la siguiente tabla.

Fluid	$R_f, m^2 \cdot ^\circ C/W$
Distilled water, sea water, river water, boiler feedwater:	
Below 50°C	0.0001
Above 50°C	0.0002
Fuel oil	0.0009
Steam (oil-free)	0.0001
Refrigerants (liquid)	0.0002
Refrigerants (vapor)	0.0004
Alcohol vapors	0.0001
Air	0.0004

Tabla N° 80: Coeficientes de ensuciamiento para distintos tipos de agua. Tomada de “Tubular Exchange Manufacturers Association”.

$$R_{ds} = 0,0001 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$\frac{1}{U_\lambda} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} + R_{dt} + R_{ds} = \frac{1}{5.321,54 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + \frac{1}{1.939,16 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + 1,76 \times 10^{-4} \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W} + 1 \times 10^{-4} \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

$$\frac{1}{U_\lambda} = 0,00098 \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

$$U_\lambda = 1.019,94 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

3.10.3.3. Verificación de la temperatura de pared y cálculo del área de transferencia

La temperatura de pared supuesta (40°C) se comprueba con la siguiente ecuación:

$$T_w = T_2 - U_\lambda \times \frac{T_2 - t}{h_o}$$

Siendo:

$$T_2 = \text{Temperatura de salida del etanol} = 50^\circ C$$

$$t = \frac{(t_2 + t_3)}{2} = \frac{40^\circ C + 21,52^\circ C}{2} = 30,76^\circ C$$

$$t_2 = \text{Temperatura de salida del agua} = 40^\circ C$$

$$T_w = 50^\circ C - 1.029,93 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times \frac{(50^\circ C - 30,76^\circ C)}{1.939,16 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} = 39,87^\circ C$$

No se considera necesario modificar el valor de temperatura de pared supuesto (40°C)

El área de transferencia de la zona de condensación se calcula como sigue.

$$A_\lambda = \frac{\dot{Q}_\lambda}{U_\lambda \times DTML_{LATENTE} \times Ft} = \frac{172,42 \times 10^3 W}{1.029,93 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times 44,68 \text{ } ^\circ C} = 3,78 m^2$$

3.10.4. Zona de calor sensible

En esta zona, el etanol ya condensado descenderá su temperatura desde 78,40°C a 50°C para asegurar que se mantenga en estado líquido y retornarlo al proceso de Deslignificación.

3.10.4.1. Cálculo del coeficiente pelicular h_o

La correlación empleada para el cálculo se presenta a continuación. La misma se obtuvo del libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos.

$$h_o = 0,36 \times \frac{k_L}{D_{eq}} \times Re^{0,55} \times Pr_L^{0,33}$$

El diámetro equivalente (D_{eq}) para arreglo triangular y el número de Reynolds y Prandtl se calculan con las expresiones siguientes.

$$D_{eq} = 4 \times \frac{\left(Pt^2 \times \frac{3^{\frac{1}{2}}}{4} - \pi \times \frac{DE^2}{8} \right)}{\pi \times \frac{DE}{2}} = 4 \times \frac{\left((0,0254 \text{ m})^2 \times \frac{3^{\frac{1}{2}}}{4} - \pi \times \frac{(0,019 \text{ m})^2}{8} \right)}{\pi \times \frac{0,019 \text{ m}}{2}} = 0,0556 \text{ m}$$

$$Re = \frac{D_{eq} \times \dot{m}}{a_s \times \mu_L}$$

$$Pr_L = \frac{cp_L \times \mu_L}{k_L}$$

Las propiedades del condensado de etanol son a la temperatura media de la corriente:

Propiedades del condensado a 64,20°C	
Viscosidad, μ_L (kg/m.s)	5,30 x 10 ⁻⁴
Conductividad térmica, k_L (W/m°C)	0,156
Calor específico, cp_L (J/kg°C)	3.090

Tabla N° 81: Propiedades del etanol condensado a 64,20°C.

$$Re = \frac{0,0556 \text{ m} \times 738,06 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}}{0,034 \text{ m}^2 \times 5,30 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}} = 627,49$$

$$Pr_L = \frac{3.090 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 5,30 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}}{0,156 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}} = 10,50$$

El coeficiente pelicular será:

$$h_o = 0,36 \times \frac{0,156 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}}{0,0556 m} \times 627,49^{0,55} \times 10,50^{0,33} = 75,81 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

3.10.4.2. Cálculo del coeficiente global de transferencia y área de transferencia

$$\frac{1}{U_s} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} + R_{dt} + R_{ds} = \frac{1}{5.321,54 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + \frac{1}{75,81 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + 1,76 \times 10^{-4} \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W} + 1 \times 10^{-4} \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

$$\frac{1}{U_s} = 0,01365 \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

$$U_s = 73,24 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

$$A_s = \frac{\dot{Q}_s}{U_s \times DTML_{SENSIBLE} \times Ft} = \frac{14,21 \times 10^3 W}{73,24 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \times 39,91 \text{ } ^\circ C} = 4,86 m^2$$

3.10.5. Área total de transferencia

Finalmente, el área total requerida será la suma de las áreas anteriormente calculadas:

$$A_t = A_\lambda + A_s = 3,78 m^2 + 4,86 m^2 = 8,64 m^2$$

El exceso de área del equipo será:

$$\% \text{ exceso} = \frac{A_{real} - A_t}{A_t} \times 100 = \frac{9,69 m^2 - 8,64 m^2}{8,64 m^2} \times 100 = 12,15\%$$

3.10.6. Pérdida de carga

Para conocer la caída de presión en la carcasa debe calcularse el diámetro equivalente de carcasa. Se utiliza la siguiente expresión para distribución triangular de tubos:

$$D_{eqs} = \frac{1,10}{DE} \times (P_t^2 - 0,917 \times DE^2)$$

Donde:

$$DE = \text{Diámetro externo de tubos} = \frac{3}{4} \text{ pulgada} \equiv 0,01905 m$$

$$P_t = \text{Paso} = 1 \text{ pulgada}$$

$$D_{eqs} = \frac{1,10}{0,01905 m} \times ((0,0254 m)^2 - 0,917 \times (0,01905 m)^2) = 0,018 m$$

Se calcula el número de Reynolds del fluido y el factor de fricción a partir de la Figura N° 23: Diagrama de Moody.

$$Re = \frac{D_{eqs} \times \dot{m}_s}{a_s \times \mu} = \frac{0,018 m \times 738,06 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{0,034 m^2 \times 1,04 \times 10^{-5} \frac{kg}{ms}} = 10.436,40$$

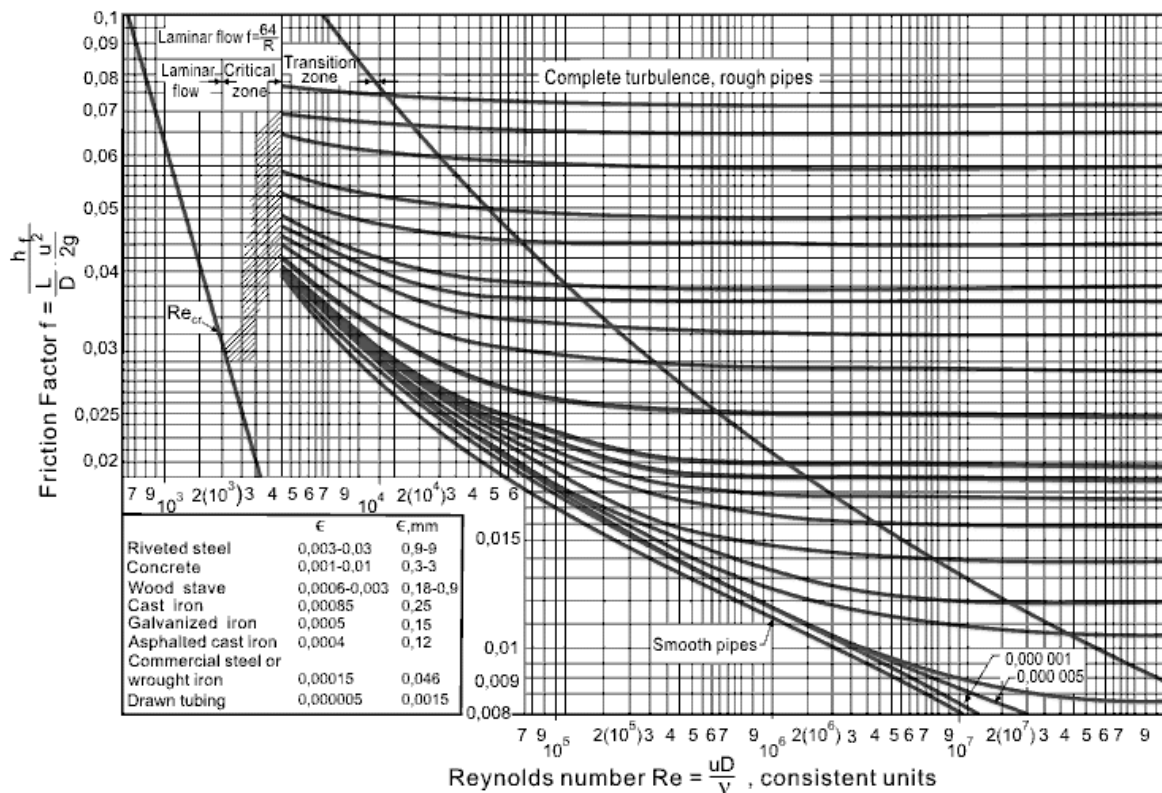


Figura N° 23: Diagrama de Moody.

$$f = 0,03$$

$$\Delta P_s = f \times \frac{(N_B + 1) \times D_s \times G_s^2}{D_{eqs} \times 2 \times \rho} = 0,03 \times \frac{(5 + 1) \times 12 \text{ pulgadas} \times \frac{0,0254 m}{1 \text{ pulgada}} \times \left(2,99 \frac{kg}{m^2 s}\right)^2}{0,018 m \times 2 \times 1,44 \frac{kg}{m^3}} = 9,46 \frac{N}{m^2}$$

$$\Delta P_s = 0,0000946 \text{ bar}$$

3.10.7. Especificaciones técnicas

L-C-01	
Tipo	Condensador-subenfriador vertical
Área de transferencia (m²)	9,69
Altura (m²)	1,35
Tubos	
Fluido por tubos	Agua
Caudal (kg/h)	8.036,54
Temperatura de entrada (°C)	20
Temperatura de salida (°C)	50
Largo (m)	2,70
Diámetro externo, DE (pulgada)	3/4
BWG	10
Diámetro interno, Di (pulgada)	0,48
Arreglo	Triangular
Paso (pulgada)	1
Paso por tubos, n	2
Número de tubos, N	60
Distancia libre entre tubos (mm)	6,35
Carcasa	
Fluido por carcasa	Vapor de etanol
Caudal (kg/h)	738,06
Temperatura de entrada (°C)	78,40
Temperatura de salida (°C)	50
Diámetro de carcasa, Ds (pulgada)	12
Paso por carcasa	1
Cantidad de baffles	5
Separación entre baffles (mm)	450
Pérdida de carga (mbar)	0,0946

Tabla N° 82: Especificaciones técnicas de L-C-01.

3.11. Mezclador L-MD-01

Este equipo se ubicará a la salida del evaporador L-EV-01 y su función será incorporar ácido sulfúrico concentrado a la mezcla de lignina, etanol y solución de hidróxido de sodio diluida para lograr la separación y precipitación de la lignina insoluble en medio ácido. Se selecciona un mezclador dinámico ya que la viscosidad de la mezcla no permite emplear un equipo estático para obtener un buen mezclado y homogeneización de las corrientes.

El mezclador seleccionado INDAG tipo DLM/H se utiliza para mezclar, emulsionar, dispersar y airear eficazmente los fluidos y sólidos. El esfuerzo de corte de este equipo es muy alto. En procesos continuos reduce el tiempo de proceso y aumenta la calidad del producto en comparación con un sistema batch.

El mezclador dinámico consiste en un rotor y un estator equipados con elementos de mezcla y corte posicionados axialmente. Es posible, como opción, calentar o enfriar el estator. El mezclador INDAG tipo DLM/H está diseñado de forma modular. Se ofrece en un diseño compacto (KB) y un diseño de placa de base (LB). El diseño compacto significa que el rotor está soportado por el eje del motor. Un bloque de rodamiento propio permite un espacio más pequeño entre los elementos de mezcla del rotor y el estator y, por lo tanto, un efecto de corte aún más intenso. El mezclador puede equiparse con sello mecánico de simple efecto o con sello mecánico de doble efecto. Los mezcladores INDAG están diseñados para la gama de productos explosivos (ATEX).



Figura N° 24: Mezclador dinámico INDAG DML/H.

Las sustancias y sus densidades son las siguientes:

Componentes	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)
Solución de NaOH 1,55% p/p	1.128,17	1.013
Etanol	403,31	763,30
Lignina insoluble en ácido	147,50	1.400
Ácido sulfúrico 98% p/p	22,17	1.840
Total	1.701,17	

Tabla N° 83: Composición y densidades de las corrientes de entrada a L-MD-01.

La densidad ponderada de la mezcla es:

$$\rho = 966,60 \frac{kg}{m^3}$$

Por lo tanto, el caudal volumétrico de la mezcla a tratar será:

$$\dot{v} = \frac{1.701,17 \frac{kg}{h}}{966,60 \frac{kg}{m^3}} = 1,76 \frac{m^3}{h}$$

3.11.1. Especificaciones técnicas

A partir de estos datos, se definen las especificaciones técnicas del mezclador:

L-MD-01	
Tipo	Dinámico
Modelo	DLM/H-202 KB
Diámetro nominal (pulgada)	1,50
Diámetro interno (pulgada)	0,87
Caudal admisible (m³/h)	0,50 – 6
Potencia del motor (HP)	3 – 5,50
Velocidad de giro (rpm)	1.000 – 6.000
Material	AISI 316
Dimensiones	
A (m)	0,130
B (m)	0,165
H (m)	0,170
L (m)	0,595

Tabla N° 84: Especificaciones técnicas de L-MD-01.

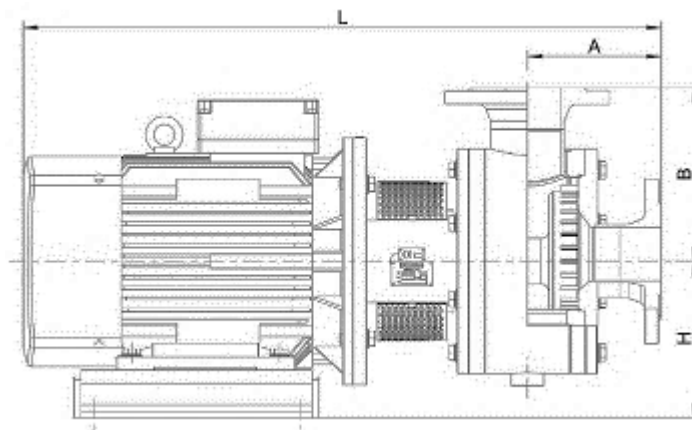


Figura N° 25: Esquema del mezclador L-MD-01.

3.12. Centrifuga de discos L-CD-03

Una vez obtenida la mezcla de lignina, etanol y solución de hidróxido de sodio con ácido sulfúrico 98% p/p, debe separarse la lignina precipitada que es el componente de interés, para poder emplearla en el proceso de extrusión del polímero. Para ello, se empleará una centrifuga de discos Flottweg como la mencionada anteriormente.

Dado que en la corriente a centrifugar sigue existiendo una cantidad importante de etanol, el equipo seleccionado será estanco a gases con purgas de nitrógeno en distintos puntos, para evitar la generación de atmósferas explosivas.

La composición de la corriente y las densidades de los componentes se muestran en la siguiente tabla.

Componente	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m³)
Solución de H₂SO₄ y Na₂SO₄ (y otros componentes)	1.173,58	1.000
Etanol	403,31	763,33
Lignina insoluble en ácido precipitada	140	1.400
Lignina en solución	7,50	1.000
Total	1.724,42	

Tabla N° 85: Caudales y densidades de la corriente de entrada a L-CD-03.

La densidad ponderada es 953 kg/m³ y el caudal volumétrico será:

$$\text{Caudal volumétrico} = \frac{1.724,42 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{953 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,81 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.12.1. Especificaciones técnicas

Se muestran a continuación las especificaciones técnicas de la centrífuga seleccionada:

L-CD-03	
Tipo	De discos
Modelo	AC1000
Capacidad de procesamiento máxima (m³/h)	10
Volumen máximo del recipiente (L)	4
Volumen para lodos (L)	1,50
Potencia del motor (HP)	7,50
Protecciones	Sistema estanco a gases, purga de nitrógeno.
Dimensiones	
Largo, l (m)	1,10
Ancho, w (m)	0,60
Altura, h (m)	1,00

Tabla N° 86: Especificaciones técnicas L-CD-03.

3.13. Transportador de tornillo L-TT-01

La lignina centrifugada en la etapa previa debe ser transportada hasta el ingreso de las extrusoras, para ello se utilizará un transportador de tornillo sin eje para evitar la adhesión del producto transportado.

El equipo seleccionado es de la marca KWS y se diseñará siguiendo la guía del fabricante. Inicialmente se calcula el caudal volumétrico de lignina. El caudal de lignina obtenido incluye un bajo porcentaje de impurezas y un 30% de humedad.

$$\text{Caudal másico lignina} = 161,67 \frac{kg}{h}$$

$$\text{Caudal volumétrico lignina} = \frac{161,67 \frac{kg}{h}}{1,40 \frac{kg}{L}} = 115,48 \frac{L}{h}$$

Deben definirse algunos parámetros y factores propios del diseño del equipo.

3.13.1. Porcentaje de carga

La carga del canal es la profundidad de un material a granel en el canal de un transportador de tornillo y se mide en porcentaje cuando se compara con un canal completo. Las cargas mínimas recomendadas son de 15, 30 y 45 por ciento y se desarrollaron en función de las características de los materiales a granel. La carga recomendada del canal para un transportador de tornillo es una función de la densidad, abrasividad y fluidez de un material a granel. Para una capacidad dada, el tamaño y la velocidad del transportador de tornillo están determinados por el porcentaje de carga del canal.

Los materiales a granel con un rango de densidad de 30 a 80 lb/pie³ que son muy abrasivos con una capacidad de flujo promedio son difíciles de transportar y no fluyen fácilmente a través de un transportador de tornillo. La carga del canal se puede elevar a un nivel por debajo del tubo central sin causar desgaste indebido en los componentes del transportador, como tornillos, cojinetes de suspensión, ejes de acoplamiento y canales. El nivel de carga recomendado para materiales a granel con características similares es del 30 por ciento. Aunque no es un material abrasivo se selecciona un porcentaje de carga de 30% B para asegurar la fluidez del material. La densidad de la lignina es 87,40 lb/pie³, pero se considera que al no exceder por mucho el rango de densidades no generará complicaciones.

Una vez seleccionado el porcentaje de carga, de la siguiente tabla se selecciona el diámetro del tornillo asegurando que la capacidad a velocidad máxima supere el caudal a transportar.




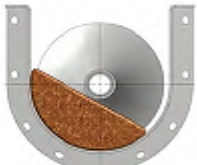
Capacity Table				
Trough Loading	Screw Dia. (in.)	Max. RPM *	Capacity in ft ³ /hr	
			At Max. RPM	At 1 RPM
 15%	4	69	14.5	0.2
	6	60	45	0.8
	9	55	150	2.7
	12	50	323	6.5
	14	50	520	10.4
	16	45	702	15.6
	18	45	1,012	22.5
	20	40	1,248	31.2
	24	40	2,184	54.6
	30	35	3,728	106.5
36	30	5,532	164.4	
 30% A	4	139	57	0.4
	6	120	179	1.5
	9	100	545	5.5
	12	90	1,181	12.9
	14	85	1,788	20.8
	16	80	2,496	31.2
	18	75	3,375	45.0
	20	70	4,375	62.5
	24	65	7,085	109.0
	30	60	12,796	213.3
36	50	18,440	368.8	
 30% B	4	69	28	0.4
	6	60	90	1.5
	9	55	305	5.5
	12	50	645	12.9
	14	50	1,040	20.8
	16	45	1,404	31.2
	18	45	2,025	45.0
	20	40	2,500	62.5
	24	40	4,360	109.0
	30	35	7,465	213.3
36	30	11,064	368.8	
 45%	4	190	116	0.61
	6	165	368	2.2
	9	155	1,271	8.2
	12	145	2,813	19.4
	14	140	4,368	31.2
	16	130	6,071	46.7
	18	120	8,112	67.6
	20	110	10,307	93.7
	24	100	16,400	164.0
	30	90	28,800	320.0
36	75	41,490	553.2	

Tabla N° 87: Capacidades del transportador de tornillo según porcentajes de carga.

El caudal volumétrico de lignina en pie³/h es:

$$CFH \text{ (Capacity in cubic feet per hour)} = 115,48 \frac{L}{h} \times 0,035 \frac{pie^3}{L} = 4,04 \frac{pie^3}{h}$$

El ángulo de inclinación del transportador será 0° y la longitud será de 12,53 m, distancia entre la salida del proceso de obtención de lignina y la extrusión del polímero.

3.13.2. Capacidad seleccionada

Los transportadores de tornillo transfieren los materiales a granel volumétricamente y la capacidad se calcula en pies cúbicos por hora. La capacidad del transportador se ve afectada cuando el paso se reduce del paso completo estándar. Reducir el paso de vuelo reduce la capacidad. Los factores de capacidad para pasos especiales se muestran a continuación.

Capacity Factors for Special Pitches		
Pitch	Description	Capacity Factor
Standard	Pitch = Diameter	1.00
Short	Pitch = 2/3 Diameter	1.50
Half	Pitch = 1/2 Diameter	2.00
Long	Pitch = 1-1/2 Diameters	0.67

Tabla N° 88: Factores de capacidad para distintos pasos.

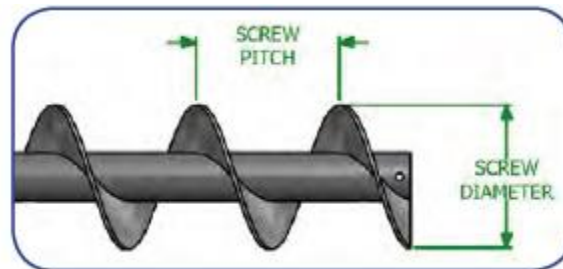


Figura N° 26: Esquema de la relación Paso - Diámetro.

La capacidad seleccionada (SC) es la capacidad ajustada para el paso especial o los pasos modificados utilizados en el proceso de selección del diámetro del transportador de tornillo para la aplicación. Se utilizará paso estándar, por lo tanto, la SC será:

$$SC = CFH \times CF = 4,04 \frac{pie^3}{h}$$

Siendo CF el factor de capacidad, igual a 1.

La Capacidad seleccionada se utilizará para definir el diámetro y la velocidad adecuados del transportador de tornillo de la Tabla N° 87. La capacidad seleccionada debe ser inferior a la capacidad máxima indicada en la tabla.

El diámetro seleccionado para un porcentaje de carga de 30% B es 4 pulgadas, dando una capacidad a máxima velocidad (69 rpm) de 28 pie³/h. A continuación, se calcula la velocidad de rotación que deberá tener el equipo.

$$S = Speed = \frac{CFH}{CFH \text{ a } 1 \text{ rpm}} = \frac{4,04 \frac{pie^3}{h}}{0,40 \frac{pie^3}{h}} = 11 \text{ rpm}$$

3.13.3. Potencia del motor

La potencia se define como la potencia requerida para transportar de manera segura y factible un material a granel a una distancia fija en un transportador de tornillo. La potencia requerida para conducir un transportador se llama Potencia Total del Eje o TSHP. La TSHP es una función de las características del material a granel que se transporta y la fricción inherente en el transportador de tornillo. Es muy importante diseñar un transportador de tornillo con suficiente potencia para evitar el tiempo de inactividad y la pérdida de producción.

La TSHP es la suma de la potencia por fricción y la potencia por el material dividida por la eficiencia del motor. La potencia por fricción es la potencia necesaria para hacer girar un transportador de tornillo cuando está vacío. La fricción de los cojinetes, sellos y otros componentes móviles crea resistencia. La potencia por el material es la potencia necesaria para transportar el material a granel en toda la longitud del transportador de tornillo. A continuación, se muestran los cálculos de Potencia por Fricción, Potencia por el Material y Potencia total del eje:

$$FPH = \text{Potencia por Fricción} = \frac{DF \times HBF \times L \times S}{10^6}$$

$$MHP = \text{Potencia por el Material} = \frac{CP \times MF \times L}{10^6}$$

$$TSHP = \frac{FPH + MHP}{e}$$

Donde:

DF = Factor de diámetro del transportador

HBF = Factor del cojinete de suspensión

CP = Capacidad en $\frac{lb}{h}$

MF = Factor del material

e = Eficiencia del motor

El DF y el HBF se seleccionan de las siguientes tablas. Se utilizará estelite para el cojinete de suspensión del tornillo, una aleación de cobalto-cromo con mejor resistencia al desgaste que otros materiales.

Diameter Factor Table (DF)	
Dia.	Factor
4	12
6	18
9	31
12	55
14	78
16	106
18	135
20	165
24	235
30	377
36	549

Tabla N° 89: Factor de diámetro.

Hanger Bearing Factor Table (HBF)	
Bearing Type	Bearing Factor
Ball, Roller, or none	1.0
Bronze, or Wood	1.7
Plastic, Nylon, UHMW, or Teflon	2.0
Hard Iron, or Stellite	4.4

Tabla N° 90: Factor del cojinete de suspensión.

$$DF = 12$$

$$HBF = 4,40$$

Los cojinetes de suspensión proporcionan una superficie de apoyo para soportar una sección de tornillo cuando se usan varias secciones de tornillo en un transportador de tornillo. Son cojinetes de tipo liso que se montan en ganchos llamados soportes intermedios, y son reemplazables cuando se gastan. Hay muchos materiales de cojinetes de suspensión diferentes disponibles, dependiendo de la aplicación. A continuación, se muestra una imagen del cojinete de suspensión y su ubicación en el equipo.

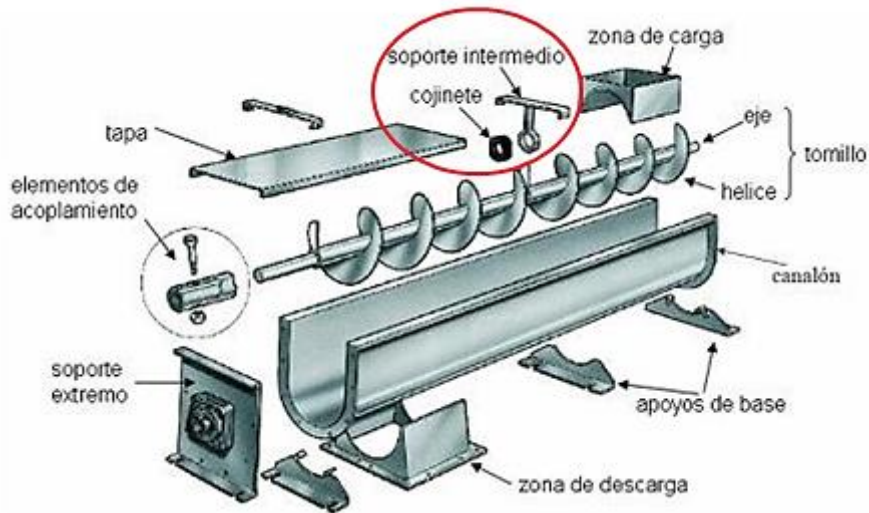


Figura N° 27: Ubicación del cojinete de suspensión en el transportador de tornillo.

Para seleccionar el Factor del Material (MF) se emplea la tabla de materiales a granel de la guía de diseño del fabricante. Dado que no posee “lignina” como material, se selecciona un material de consistencia similar: cenizas de carbón húmedas.

Bulk Material	Maximum Particle Size (In.)	Bulk Density (lbs/ft ³)	% Trough Loading	Material Factor (MF)	Component /Bearing Series	Abrasiveness	Corrosiveness	Flowability
Ashes, Coal, Dry	-3	35-40	30B	2.5	C4	II	II	IV
Ashes, Coal, Wet	-1/2	45-50	30B	3.0	D4	II	II	IV
Ashes, Coal, Wet	-3	45-50	30B	4.0	D4	II	II	IV

Tabla N° 91: Factor de material a granel.

$$MF = 3$$

Pueden calcularse las potencias requeridas:

$$FPH = \text{Potencia por Fricción} = \frac{12 \times 4,40 \times 41,11 \text{ pies} \times 11 \text{ rpm}}{10^6} = 0,024 \text{ HP}$$

$$MHP = \text{Potencia por el Material} = \frac{356,41 \frac{\text{lb}}{\text{h}} \times 3 \times 41,11 \text{ pies}}{10^6} = 0,044 \text{ HP}$$

3.13.4. Potencia por el material corregida

Es posible que sea necesario ajustar la potencia calculada de un transportador de tornillo para que la unidad de transmisión tenga más potencia y par de torsión disponibles para superar una condición de malestar, como un choque menor en la entrada. El Factor de potencia del material corregido, a veces llamado factor de sobrecarga, se usa para aumentar la potencia total del eje (TSHP) de un transportador de tornillo cuando la potencia de material calculada (MHP) es menor que 5 HP. El aumento de la TSHP permite que el transportador de tornillo supere la mayoría de las condiciones molestas, lo que reduce el tiempo de inactividad y la pérdida de producción.

Ingresando al siguiente gráfico se corrige la MHP.

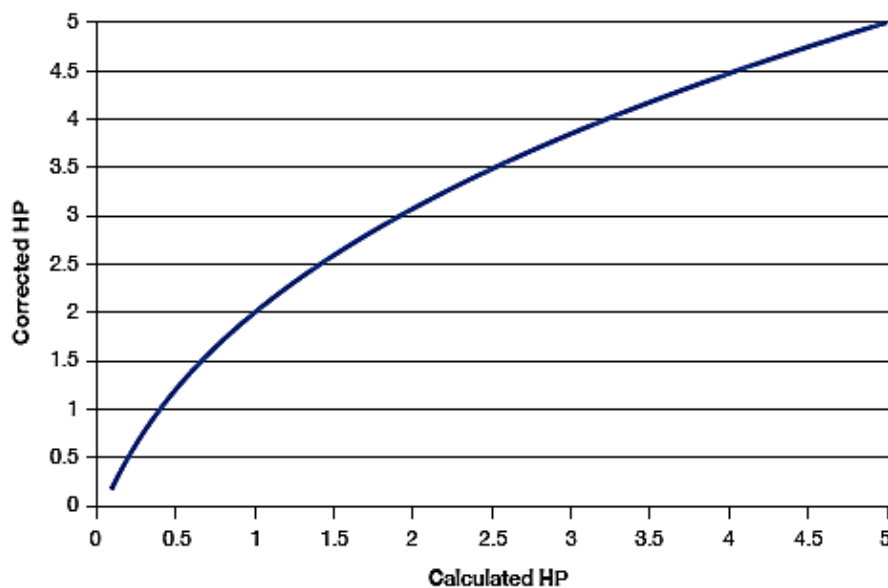


Figura N° 28: Gráfico de factor potencia del material corregido.

Dado que MHP es tan pequeña, el valor no se ve modificado al ingresar al gráfico.

Finalmente, tomando una eficiencia del 80%, la TSHP es:

$$TSHP = \frac{0,024 \text{ HP} + 0,044 \text{ HP}}{0,80} = 0,085 \text{ HP}$$

El motor del equipo será de 0,50 HP.

3.13.5. Especificaciones técnicas

L-TT-01	
Tipo	Transportador de tornillo sin eje
Caudal a transportar (L/h)	115,48
Porcentaje de carga	30% B
Diámetro del tornillo (pulgada)	4
Capacidad de procesamiento máxima (L/h)	792,88
Inclinación	45°
Largo (pie) / (m)	41,11 / 12,53
Velocidad de rotación (rpm)	11
Potencia del motor (HP)	0,50

Tabla N° 92: Especificaciones técnicas de L-TT-01.



Figura N° 29: Transportador de tornillo KWS.

4. Modificación del almidón de maíz

Este proceso es más sencillo en cuanto a cantidad de equipos y condiciones de reacción que la Obtención de la lignina. La modificación del almidón involucra una etapa de centrifugación y otra de secado y molienda.

Se muestra una tabla con los equipos y sus códigos.

Equipo	Código
Reactor de Modificación	A-R-01
Centrífuga de transportador helicoidal	A-CT-01
Secador de rodillos	A-SR-01
Molino de rodillos	A-MR-01
Mezclador dinámico	A-MD-01
Transportador de tornillo	A-TT-01

Tabla N° 93: Listado de equipos – Modificación de almidón.

4.1. Reactor A-R-01

La reacción de Modificación del almidón se llevará a cabo en un reactor agitado continuo. En esta etapa se logra el entrecruzamiento de las cadenas de almidón gracias a un agente químico, el tripolifosfato de sodio o STPP. Para ello, se mezclarán agua, sulfato de sodio (Na_2SO_4), STPP ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) y por último almidón. Se agregará también NaOH para mantener el pH en 10-11. Esta operación implica condiciones de reacción suaves, no se requiere presión ni temperaturas mayores a las ambientales.

4.1.1. Dimensionamiento

El caudal diario a tratar en el reactor es de 1.102,94 kg/h de mezcla cuya composición es la siguiente:

Componente	Proporción (%)
Agua	48,70
Almidón de maíz	48,70
Sulfato de sodio	1,30
Tripolifosfato de sodio	1,30
Hidróxido de sodio	0,10

Tabla N° 94: Composición de la corriente de entrada a A-R-01.

Se determinó que el tiempo de residencia deberá ser de 60 minutos. La densidad de la mezcla se midió en laboratorio, siendo de 1.155 kg/m^3 .

A partir de los datos anteriores se calcula el volumen de mezcla:

$$\text{Volumen de mezcla} = \frac{1.102,94 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 1 \text{ h}}{1.155 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,95 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento	
Volumen de mezcla (m ³)	0,95
Espacio ocupado	85%
Sobredimensionamiento	15%
Volumen sobredimensionado (m ³)	1,29
Perímetro (m)	4,50
Altura (m)	1,00
Diámetro (m)	1,43
Volumen final (m ³)	1,61

Tabla N° 95: Dimensionamiento A-R-01.

4.1.2. Presión de diseño

Se calcula la altura del fluido en el reactor y la presión hidrostática de la siguiente manera:

$$h = \text{Altura del fluido} = \frac{V}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = \frac{0,95 \text{ m}^3}{\pi \times \frac{(1,43 \text{ m})^2}{4}} = 0,59 \text{ m}$$

$$P_h = \rho \times g \times h = 1.155 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \text{ m}^2 \times 0,59 \text{ m} = 6.714,36 \text{ Pa} \equiv 0,07 \text{ bar}$$

La presión de operación será la presión atmosférica. Finalmente, la presión de diseño será:

$$P_{\text{diseño}} = (P_h + P_{\text{operación}}) \times 1,15 = (0,07 \text{ bar} + 1 \text{ bar}) \times 1,15 = 1,23 \text{ bar}$$

4.1.3. Cálculo del espesor de la envuelta

La ecuación empleada para el cálculo del espesor del reactor es:

$$t = \text{Espesor de pared} = \frac{P_d \times R}{S \times E - 0,60 \times P_d} + C$$

Los datos son los siguientes:

Presión de diseño (psi)	17,80
Radio interno (R) (pulgada)	28,20
Tensión admisible del material (S) (psi)	11.250
Eficiencia de soldadura (E)	0,85
Tolerancia de corrosión (C) (pulgada)	0,16

Tabla N° 96: Datos para el cálculo de espesor A-R-01.

El radio interno equivale a la mitad del diámetro del tanque:

$$R = \frac{1,43 \text{ m}}{2} \times \frac{1 \text{ pulgada}}{0,0254 \text{ m}} = 28,20 \text{ pulgadas}$$

El espesor obtenido es:

$$t = \frac{17,80 \text{ psi} \times 28,20 \text{ pulgadas}}{11.250 \text{ psi} \times 0,85 - 0,60 \times 17,80 \text{ psi}} + 0,16 \text{ pulgadas} = 0,21 \text{ pulgadas} \cong \frac{1}{4} \text{ pulgada} \cong 6,35 \text{ mm}$$

El espesor de la envuelta será de 6,35 mm.

4.1.4. Cabezal y fondo

El cabezal y el fondo del reactor serán toriesféricos tipo Klopper. El espesor será también 6 mm.

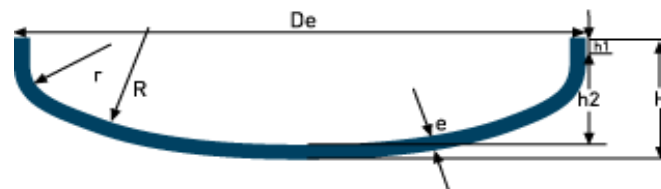


Figura N° 30: Esquema de fondo tipo Klopper. A-R-01.

Se detallan las dimensiones a continuación:

Dimensionamiento	
Espesor (mm)	6
Radio de corona (R) (m)	1,431
Radio de rodilla (r) (m)	0,14
Parte recta (h ₁) (m)	0,021
Altura de tapa (h ₂) (m)	0,27
Altura de cabezal (H) (m)	0,30
Altura de la superficie cilíndrica (H _c) (m)	0,40

Tabla N° 97: Dimensiones del cabezal y fondo de A-R-01.

Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$R = D$$

$$r = \frac{R}{10}$$

$$h_1 = 3,50 \times t$$

$$H = h_1 + h_2 + t$$

$$H_c = H - 2 \times H_{reactor}$$

4.1.5. Cálculo del agitador

Se ha seleccionado para este reactor un agitador de turbina de 6 palas inclinadas para ayudar a suspender el almidón de maíz en la solución.

Las dimensiones se calculan con las siguientes relaciones y se muestran esquematizadas en la Figura N°:

$$\frac{H}{D} = 1 \qquad \frac{E}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{D_a}{D} = \frac{1}{3} \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{12} \qquad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

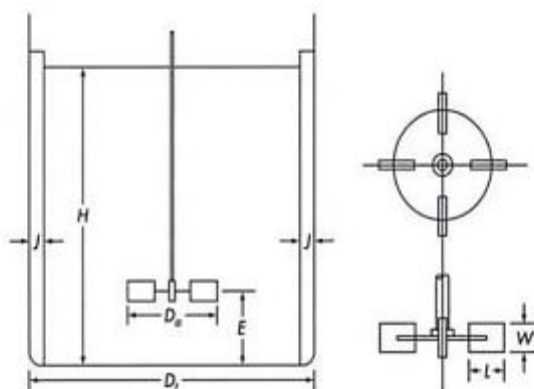


Figura N° 31: Esquema de un agitador de paletas.

Dimensiones	
H (m)	0,59
D (m)	1,43
D _a (m)	0,48
J (m)	0,12
E (m)	0,48
W (m)	0,10
L (m)	0,12

Tabla N° 98: Dimensiones del agitador de turbina de A-R-01.

La velocidad de agitación se definió como 150 rpm. El reactor contará con 4 deflectores para impedir la formación de vórtices, generar mayor turbulencia y mejorar el mezclado.

Para calcular la potencia consumida por la agitación se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = N_p \times N^3 \times D_a^5 \times \rho$$

Donde:

N_p = Número de potencia

N = Velocidad de agitación en rps

D_a = Diámetro del agitador en m

ρ = Densidad de la mezcla en $\frac{kg}{m^3}$

Para conocer el N_p se utiliza el siguiente gráfico y el número de Reynolds.

$$Re = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{2,50 \text{ s}^{-1} \times (0,48 \text{ m})^2 \times 1.155 \frac{kg}{m^3}}{5,80 \times 10^{-4} \frac{kg}{ms}} = 1,13 \times 10^5$$

La viscosidad de la mezcla se obtuvo en la Práctica de Laboratorio.

La potencia consumida es:

$$P = 4 \times (2,50 \text{ s}^{-1})^3 \times (0,48 \text{ m})^5 \times 1.155 \frac{kg}{m^3} = 1.791,30 \text{ W}$$

$$\text{Potencia del agitador} = 1,79 \text{ kW} \times \frac{1 \text{ HP}}{0,746 \text{ kW}} = 2,40 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{P_{\text{agitador}}}{\text{eficiencia}} = \frac{2,40 \text{ HP}}{0,80} = 3,00 \text{ HP}$$

A partir de la eficiencia supuesta de 0,80 se determina que la potencia del motor será de 3 HP

4.1.6. Especificaciones técnicas

A-R-01	
Altura (m)	1,00
Diámetro (m)	1,43
Volumen (m ³)	1,61
Presión de diseño (bar)	1,23
Material	Acero al carbono epoxidado
Espesor de la envuelta (mm)	6
Cabezal y fondo	Toriesférico tipo Klopper
Espesor de cabezal y fondo (mm)	6
Agitador y deflectores	
Tipo	Turbina de 6 palas inclinadas
Material	AISI 304
Cantidad de deflectores	4
Diámetro del agitador D_a (m)	0,48
Ancho del deflector J (m)	0,12
Distancia desde el fondo del reactor al agitador E (m)	0,48
Ancho de las palas del agitador W (m)	0,10
Longitud de las palas del agitador L (m)	0,12
Velocidad de agitación (rpm)	150
Potencia del motor (HP)	3

Tabla N° 99: Especificaciones técnicas A-R-01.

4.2. Centrífuga A-CT-01

La mezcla de almidón modificado y solución de STPP, NaOH, Na₂HPO₄ y Na₂SO₄ será separada en una centrífuga de transportador helicoidal o decanter diseñada para trabajar con almidones. A continuación, se describe brevemente su funcionamiento.

El producto a ser separado se introduce a través de un tubo de alimentación central y es conducido a la zona media de alimentación del tornillo sinfín. Desde ahí, el producto es acelerado suavemente en dirección circunferencial y se dirige e ingresa en el tambor centrífugo a través de las puertas de distribución. El tambor tiene una forma cónica y cilíndrica y gira a una velocidad determinada según las necesidades de la aplicación. En el tambor, la suspensión alcanza la plena velocidad circunferencial formando una capa concéntrica en la pared del tambor. Los sólidos contenidos en el producto son depositados en la pared del tambor por efecto de la fuerza centrífuga. El tornillo sinfín gira a una velocidad diferencial relativamente a la del tambor y transporta los sólidos depositados en la pared del tambor hacia la parte cónica y final del tambor. La velocidad diferencial determina el tiempo de permanencia de los sólidos en el tambor. El tiempo de permanencia es una variable importante para el secado de los sólidos que se quiere alcanzar y puede ser ajustada óptimamente cambiando la velocidad diferencial del tornillo sinfín para obtener, de esta manera, la separación deseada.

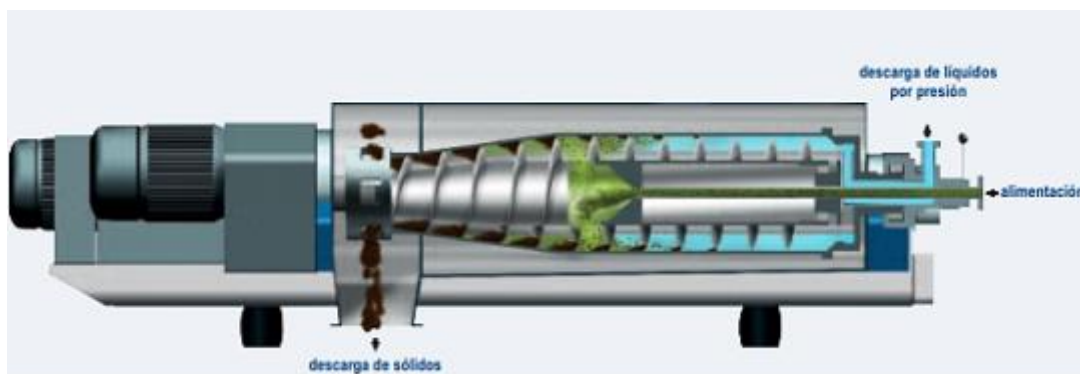


Figura N° 32: Esquema de una centrífuga decanter.

El líquido clarificado fluye hacia la parte cilíndrica final y desde ahí es descargado a través de salidas hacia la carcasa del tambor. En estas salidas se encuentran placas de regulación con los cuales se pueden ajustar fácil y precisamente la profundidad de la laguna en el tambor. El líquido es recolectado en un colector central y luego es descargado por gravedad. Alternativamente, el líquido clarificado también puede ser descargado del tambor a través de un rodete a presión en un sistema cerrado como se ve en la Figura N°. De esta manera, se evita la necesidad de tener una bomba adicional. Permite un ajuste variable y preciso de la profundidad de la laguna durante la operación, facilitando así una adaptación rápida y exacta a los cambiantes requerimientos, sin necesidad de parar la máquina.

El caudal a tratar es de 1.102,94 kg/h. El caudal volumétrico es:

$$\text{Caudal volumétrico} = \frac{1.102,94 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1.155 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,95 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

4.2.1. Especificaciones técnicas

Se selecciona la centrífuga RINA Serie 600 AS del fabricante Riera Nadeu, la cual es apta para la mayoría de suspensiones que contienen sedimentos compresivos como la proteína y leche de soja, así como el almidón y las levaduras.



Figura N° 33: Centrífuga decanter RINA Serie 600 AS.

A-CT-01	
Tipo	Transportador helicoidal o Decanter
Modelo	600DAS2200
Capacidad de procesamiento (m ³ /h)	1 – 3
Fuerza G	2.500
Velocidad de giro (rpm)	4.540
Potencia del motor (HP)	7,50
Material	AISI 316L
Dimensiones	
Largo (m)	1,95
Ancho (m)	1,025
Altura (m)	0,66

Tabla N° 100: Especificaciones técnicas de A-CT-01.

4.3. Secador A-SR-01

Para hacer efectivo el entrecruzamiento del almidón con STPP y lograr la modificación, debe efectuarse un tratamiento térmico. Se decide emplear un secador de rodillos donde el secado y calentamiento es simultáneo y no se requiere operar de manera discontinua.

El secado con rodillos o tambor es una forma de obtener materiales secos directamente de una solución o lodo (suspensión de sólidos). En su funcionamiento básico, se alimenta un líquido en un tambor rotatorio calentado con vapor suministrado en su interior. Su película líquida se adhiere a la superficie del tambor, mientras que el tambor gira, y el agua de la película se evapora rápidamente. El producto seco es constantemente raspado de la superficie del tambor con una cuchilla fija.

Existen diversos tipos de secadores de tambor:

- Secador de doble tambor
- Secador de tambor simple
- Secador de tambor de vacío

Se selecciona el secador de doble tambor. Entre los tambores se genera una caja de alimentación y el líquido crudo se envía aquí. El espacio entre los tambores se puede ajustar incluso durante la rotación. El vapor generado se recoge en la cubierta que cubre la parte superior de los tambores para descargar a través del conducto de escape.

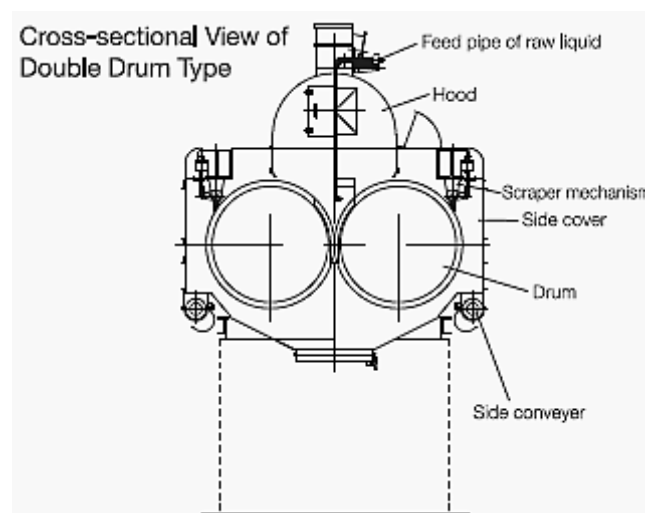


Figura N° 34: Esquema de un secador de doble tambor.

Para seleccionar el modelo adecuado para nuestro proceso, debe determinarse el área de calentamiento requerida. Para ello, utilizaremos tablas de coeficientes peliculares y globales para soluciones similares a la mezcla de almidón para así poder seleccionar el coeficiente más adecuado.

Dentro de los rodillos circulará vapor que condensará por completo a la salida, por lo tanto, el coeficiente pelicular será el de vapor condensante obtenido de bibliografía:

$$h_i = 1.500 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}$$

Para la mezcla de almidón y solución de sales se selecciona el coeficiente pelicular de la sustancia más similar de la siguiente tabla.

no phase change	
Fluid	Film Coefficient (BTU/hr-ft ² -F)
Water	300 – 2000
Gases	3 – 50
Organic Solvents	60 – 500
Oils	10 – 120

Tabla N° 101: Rangos de coeficientes peliculares típicos para calentamiento de distintos fluidos.

$$h_o = \frac{10 + 120}{2} \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F} = 65 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}$$

El coeficiente global de transferencia será:

$$U_1 = \frac{h_i \times h_o}{h_i + h_o} = \frac{1.500 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F} \times 65 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}}{1.500 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F} + 65 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}} = 62,30 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}$$

Se comparará con otros coeficientes globales obtenidos de las siguientes tablas para seleccionar el más desfavorable para el diseño del equipo. De la primera tabla se selecciona el coeficiente correspondiente a vapor y orgánicos pesados.

Fluido caliente	Fluido frío	U (W/m² k)
Agua	Agua	1300 – 2500
Amoniaco	Agua	1000 – 2500
Gas	Agua	10 – 250
Gas	Gas	10 – 60
Gas	Orgánico liviano	20 – 100
Gas	Orgánico pesado	20 – 60
Orgánico liviano (< 0,5 cP)	Gas	20 – 100
Orgánico pesado (> 1 cP)	Gas	20 – 60
Agua	Aire comprimido	50 – 70
Agua	Aceite lubricante	110 – 340
Orgánico liviano	Agua	370 – 750
Orgánico mediano (0,5 – 1 cP)	Agua	240 – 650
Orgánico pesado	Aceite lubricante	25 – 400
Vapor	Agua	2200 – 3500
Vapor	Amoniaco	1000 – 3400
Agua	Amoniaco (condensación)	850 – 1500
Agua	Freón-13 (ebullición)	280 – 1000
Vapor	Gases	25 – 240
Vapor	Orgánicos livianos	490 – 1000
Vapor	Orgánicos medianos	250 – 600
Vapor	Orgánicos pesados	30 – 300
Orgánicos livianos	Orgánicos livianos	200 – 350
Orgánicos medianos	Orgánicos medianos	100 – 300
Orgánicos pesados	Orgánicos pesados	50 – 200
Orgánicos livianos	Orgánicos pesados	50 – 200
Orgánicos pesados	Orgánicos livianos	150 – 300
Petróleo	Gasóleo	130 – 320
Vapor (Evaporador)	Agua	1500 – 6000
Vapor (Evaporador)	Otros fluidos	300 – 2000
Evaporador de refrigeración		300 – 1000
Vapor (Condensador)	Agua	1000 – 4000
Vapor (Condensador)	Otros fluidos	300 – 1000

Tabla N° 102: Rangos de coeficientes globales de transferencia típicos para distintas sustancias.

$$U_2 = \frac{30 + 300}{2} \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} = 165 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \equiv 29,10 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}$$

De la segunda tabla, se selecciona el coeficiente correspondiente a vapor y aceites pesados.

Evaporators		
Hot Fluid	Cold Fluid	Overall U (BTU/hr-ft 2 -F)
Steam	Water	350 – 750
Steam	Organic solvents	100 – 200
Steam	Light oils	80 – 180
Steam	Heavy oils (vacuum)	25 – 75
Water	Refrigerant	75 – 150
Organic solvents	Refrigerant	30 – 100

Tabla N° 103: Rango de coeficientes globales típicos para calentamiento de distintos fluidos.

$$U_3 = \frac{25 + 75}{2} \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F} = 50 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2 \text{ } ^\circ F}$$

Finalmente, se elige el coeficiente global U_2 por ser el valor más bajo. El área de calentamiento requerida se calcula como sigue:

$$A = \frac{\dot{Q}}{U \times DTML}$$

Se muestran a continuación las características de las corrientes que circularán por el secador:

Mezcla de almidón modificado y solución de sales	
Caudal (kg/h)	689,58
Temperatura de entrada (°C)	25
Temperatura de salida (°C)	130
Humedad final	10%
Vapor de agua saturado	
Caudal (kg/h)	165,42
Presión (bar)	7
Temperatura de entrada (°C)	170,50
Temperatura de salida (°C)	170,50

Tabla N° 104: Características de las corrientes en A-S-01.

$$DTML = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}\right)} = \frac{(170,50^{\circ}C - 25^{\circ}C) - (170,50^{\circ}C - 130^{\circ}C)}{\ln\left(\frac{170,50^{\circ}C - 25^{\circ}C}{170,50^{\circ}C - 130^{\circ}C}\right)} = 82,10^{\circ}$$

$$A = \frac{338.620 \frac{kJ}{h} \times 1.000 \frac{J}{kJ} \times \frac{1 h}{3.600 s}}{165 \frac{W}{m^2^{\circ}C} \times 82,10^{\circ}C} = 6,94 m^2$$

4.3.1. Especificaciones técnicas

Se selecciona a partir del área requerida de calentamiento el siguiente secador:

A-SR-01	
Tipo	De rodillos o tambor
Modelo	D-0815
Área de calentamiento (m ²)	7,50
Diámetro del tambor (m)	0,80
Largo del tambor (m)	1,50
Potencia del motor (HP)	7,50
Dimensiones	
Largo, A (m)	4,30
Ancho, B (m)	2,15
C (m)	0,77
D (m)	1,35
E (m)	2,12

Tabla N° 105: Especificaciones técnicas de A-SR-01.

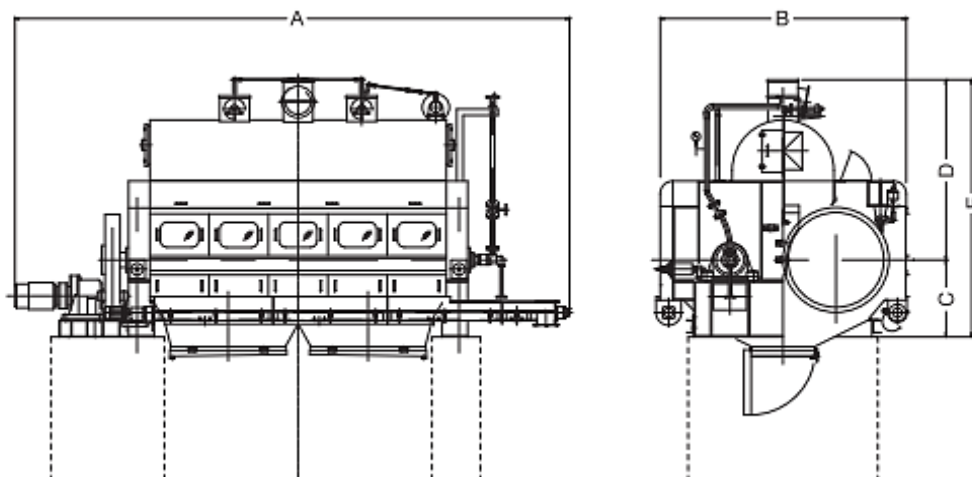


Figura N° 35: Esquema del secador de rodillos A-S-01.

4.4. Molino A-MR-01

Se utilizará un molino de rodillos para reducir la granulometría del almidón de maíz modificado seco, ya que se obtiene un material duro y aglomerado. La granulometría final no es relevante.

$$\text{Caudal a tratar} = 590,42 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

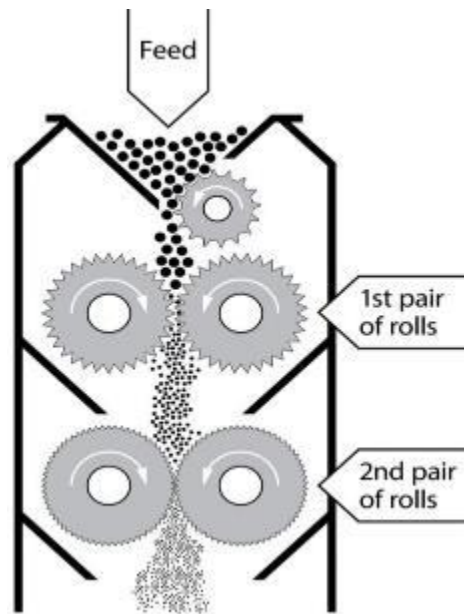


Figura N° 36: Esquema de molino de rodillos.



Figura N° 375: Molino de rodillos Davis 100A2.

4.4.1. Especificaciones técnicas

A-MR-01	
Tipo	De rodillos
Modelo	100A2
Capacidad de procesamiento (kg/h)	Hasta 2.000
Número de rodillos	2
Tamaño de partícula final (mm)	0,70
Potencia del motor (HP)	10
Dimensiones	
Diámetro del rodillo (m)	0,25
Largo del rodillo (m)	0,25
Largo (m)	1,63
Altura (m)	2,08
Ancho (m)	0,71

Tabla N° 106: Especificaciones técnicas de A-MR-01.

4.5. Mezclador A-MD-01

Se utilizará un mezclador dinámico en línea para realizar la mezcla del almidón de maíz modificado con agua y así lograr una suspensión que ingresará a las extrusoras con dos componentes. De esta forma se evita la necesidad de mezclar un sólido y un líquido en la extrusión.

Este equipo es adecuado para aplicaciones que cumplen al menos uno de los siguientes criterios:

- El proceso en gran medida debe ocurrir en una sola pasada.
- Hasta un 80% de concentración de sólidos se han de incorporar en una sola pasada.
- La fase líquida ya es altamente viscosa.
- La cantidad de energía requerida para el proceso de mezcla debe minimizarse.
- El sólido es un granulado y debe triturarse mecánicamente y mezclarse.
- La cantidad de aire atrapado se debe minimizar.

El dispositivo tiene dos conexiones horizontales para líquidos y una conexión vertical para el material sólido. La fase líquida se alimenta normalmente a través de la entrada superior por medio de una bomba de desplazamiento positivo o de un sistema de alimentación presurizado. El líquido se introduce, se distribuye a través del tambor concéntrico y se dosifica en la cámara de pre-mezcla a través de aberturas múltiples. El sólido se alimenta verticalmente a la cámara de pre-mezcla desde la parte superior a través de un conducto, por medio de un dispositivo de dosificación (alimentador de tornillo, un alimentador rotatorio). La sección de alimentación seca y la cámara de pre-mezcla húmeda están separadas por un tornillo de alimentación. Las fases líquida y sólida entran en contacto en las proporciones definidas en la cámara de pre-mezcla. Al salir de la cámara de pre-mezcla, los componentes se dispersan inmediatamente mediante un sistema rotor-estator con acción de alto corte, produciendo un producto alta calidad, libre de

aglomerados en una sola pasada. El producto mezclado se descarga por gravedad a través de la salida de líquido en el punto más bajo en la unidad.



Figura N° 38: Mezclador dinámico IKA MHD 2000/50.

El caudal a procesar será:

$$\dot{m} = 590,42 \frac{\text{kg almidón modificado}}{\text{h}} + 270 \frac{\text{kg agua}}{\text{h}} = 860,42 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

La densidad de la mezcla se calcula ponderando las densidades de los componentes y es 1.297 kg/m³.

$$\dot{v} = \frac{860,42 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1.297 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

4.5.1. Especificaciones técnicas

Se selecciona el equipo de la marca IKA.

A-MD-01	
Tipo	Dinámico
Modelo	MHD 2000/05
Caudal admisible (m ³ /h)	0,70
Potencia del motor (HP)	7,50
Velocidad de giro (rpm)	3.000
Material	AISI 316
Dimensiones	
Ancho (m)	0,340
Largo (m)	0,625
Altura (m)	0,870

Tabla N° 107: Especificaciones técnicas de A-MD-01.

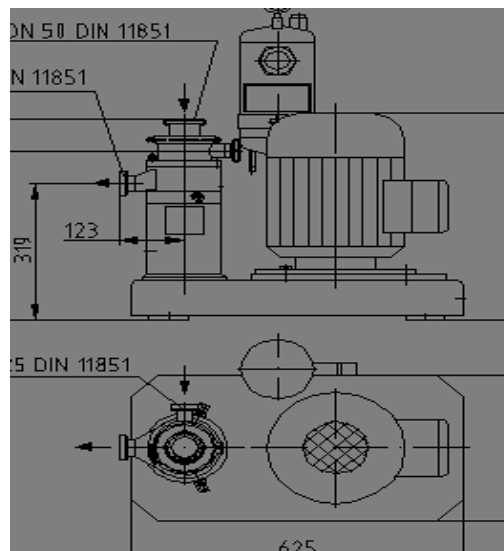


Figura N° 39: Esquema de A-MD-01.

4.6. Transportador de tornillo A-TT-01

La mezcla de almidón y agua será transportada hasta el ingreso de las extrusoras, para ello se utilizará un transportador de tornillo sin eje para evitar la adhesión del producto transportado.

El equipo seleccionado se diseñará siguiendo la guía del fabricante.

4.6.1. Porcentaje de carga

Los materiales a granel con un rango de densidad de 30 a 80 lb/pie³ que son muy abrasivos con una capacidad de flujo promedio son difíciles de transportar y no fluyen fácilmente a través de un transportador de tornillo. La densidad de la mezcla es 80,97 lb/pie³. La carga del canal se puede elevar a un nivel por debajo del tubo central sin causar desgaste indebido en los componentes del transportador, como tornillos, cojinetes de suspensión, ejes de acoplamiento y canales. El nivel de carga recomendado para materiales a granel con características similares es del 30 por ciento. Aunque no es un material abrasivo se selecciona un porcentaje de carga de 30% A para asegurar la fluidez del material.

Una vez seleccionado el porcentaje de carga, de la siguiente tabla se selecciona el diámetro del tornillo asegurando que la capacidad a velocidad máxima supere el caudal a transportar.





Capacity Table				
Trough Loading	Screw Dia. (in.)	Max. RPM *	Capacity in ft ³ /hr	
			At Max. RPM	At 1 RPM
 15%	4	69	14.5	0.2
	6	60	45	0.8
	9	55	150	2.7
	12	50	323	6.5
	14	50	520	10.4
	16	45	702	15.6
	18	45	1,012	22.5
	20	40	1,248	31.2
	24	40	2,184	54.6
	30	35	3,728	106.5
	36	30	5,532	164.4
 30% A	4	139	57	0.4
	6	120	179	1.5
	9	100	545	5.5
	12	90	1,161	12.9
	14	85	1,788	20.8
	16	80	2,496	31.2
	18	75	3,375	45.0
	20	70	4,375	62.5
	24	65	7,085	109.0
	30	60	12,796	213.3
	36	50	18,440	368.8
 30% B	4	69	28	0.4
	6	60	90	1.5
	9	55	305	5.5
	12	50	645	12.9
	14	50	1,040	20.8
	16	45	1,404	31.2
	18	45	2,025	45.0
	20	40	2,500	62.5
	24	40	4,360	109.0
	30	35	7,465	213.3
	36	30	11,064	368.8
 45%	4	190	116	0.61
	6	165	368	2.2
	9	155	1,271	8.2
	12	145	2,813	19.4
	14	140	4,368	31.2
	16	130	6,071	46.7
	18	120	8,112	67.6
	20	110	10,307	93.7
	24	100	18,400	164.0
	30	90	28,600	320.0
	36	75	41,490	553.2

Tabla N° 108: Capacidades del transportador de tornillo según porcentajes de carga.

El caudal volumétrico en pie³/h es:

$$CFH \text{ (Capacity in cubic feet per hour)} = 663,39 \frac{L}{h} \times 0,035 \frac{pie^3}{L} = 23,43 \frac{pie^3}{h}$$

El ángulo de inclinación del transportador será 0° y la longitud será de 16,68 m, distancia entre la salida del proceso de obtención de almidón modificado y la extrusión del polímero.

4.6.2. Capacidad seleccionada

La capacidad del transportador se ve afectada cuando el paso se reduce del paso completo estándar. Reducir el paso reduce la capacidad. Los factores de capacidad para pasos especiales se muestran a continuación.

Capacity Factors for Special Pitches		
Pitch	Description	Capacity Factor
Standard	Pitch = Diameter	1.00
Short	Pitch = 2/3 Diameter	1.50
Half	Pitch = 1/2 Diameter	2.00
Long	Pitch = 1-1/2 Diameters	0.67

Tabla N° 109: Factores de capacidad para distintos pasos.

La Capacidad Seleccionada (SC) es la capacidad ajustada para el paso especial o los pasos modificados utilizados en el proceso de selección del diámetro del transportador de tornillo para la aplicación. Se utilizará paso estándar, por lo tanto la SC será:

$$SC = CFH \times CF = 23,43 \frac{pie^3}{h}$$

Siendo CF el factor de capacidad, igual a 1.

La capacidad seleccionada se utilizará para definir el diámetro y la velocidad adecuados del transportador de tornillo. La capacidad seleccionada debe ser inferior a la capacidad máxima indicada en la tabla.

El diámetro seleccionado para un porcentaje de carga de 30% B es 4 pulgadas, dando una capacidad a máxima velocidad (69 rpm) de 28 pie³/h. A continuación, se calcula la velocidad de rotación que deberá tener el equipo.

$$S = Speed = \frac{CFH}{CFH \text{ a } 1 \text{ rpm}} = \frac{23,43 \frac{pie^3}{h}}{0,40 \frac{pie^3}{h}} = 59 \text{ rp}$$

4.6.3. Potencia del motor

La potencia requerida para conducir un transportador, Potencia Total del Eje o TSHP es una función de las características del material a granel que se transporta y la fricción inherente en el transportador de tornillo. Es muy importante diseñar un transportador de tornillo con suficiente potencia para evitar el tiempo de inactividad y la pérdida de producción.

La TSHP es la suma de la potencia por fricción y la potencia por el material dividida por la eficiencia del motor. La fricción de los cojinetes, sellos y otros componentes móviles crea resistencia. La potencia por el material es la potencia necesaria para transportar el material a granel en toda la longitud del transportador

de tornillo. A continuación, se muestran los cálculos de Potencia por Fricción, Potencia por el Material y Potencia total del eje:

$$FPH = \text{Potencia por Fricción} = \frac{DF \times HBF \times L \times S}{10^6}$$

$$MHP = \text{Potencia por el Material} = \frac{CP \times MF \times L}{10^6}$$

$$TSHP = \frac{FHP + MHP}{e}$$

Donde:

DF = Factor de diámetro del transportador

HBF = Factor del cojinete de suspensión

CP = Capacidad en $\frac{lb}{h}$

MF = Factor del material

e = Eficiencia del motor

El DF y el HBF se seleccionan de las siguientes tablas. Se utilizará estelite para el cojinete de suspensión del tornillo.

Diameter Factor Table (DF)	
Dia.	Factor
4	12
6	18
9	31
12	55
14	78
16	106
18	135
20	165
24	235
30	377
36	549

Tabla N° 110: Factor de diámetro.

Hanger Bearing Factor Table (HBF)	
Bearing Type	Bearing Factor
Ball, Roller, or none	1.0
Bronze, or Wood	1.7
Plastic, Nylon, UHMW, or Teflon	2.0
Hard Iron, or Stellite	4.4

Tabla N° 111: Factor del cojinete de suspensión.

$$DF = 12$$

$$HBF = 4,40$$

Los cojinetes de suspensión proporcionan una superficie de apoyo para soportar una sección de tornillo cuando se usan varias secciones de tornillo en un transportador de tornillo. Son cojinetes de tipo liso que se montan en ganchos llamados soportes intermedios, y son reemplazables cuando se gastan.



Figura N° 40: Soporte intermedio y cojinete de suspensión.

Para seleccionar el Factor del Material (MF) se emplea la tabla de materiales a granel de la guía de diseño del fabricante. Dado que en la tabla no se encuentra como material la mezcla de agua-almidón, se selecciona un material de consistencia similar: gluten húmedo.

Bulk Material	Maximum Particle Size (in.)	Bulk Density (lbs/ft³)	% Trough Loading	Material Factor (MF)	Component /Bearing Series	Abrasive-ness	Corrosive-ness	Flowability	Special Notes
Gluten Cake, Wet	-1/2	30-50	30A	2.5	A2	I	I	IV	

Tabla N° 112: Factor de material a granel.

$$MF = 2,50$$

Pueden calcularse las potencias requeridas:

$$FPH = \text{Potencia por Fricción} = \frac{12 \times 4,40 \times 54,72 \text{ pies} \times 59 \text{ rpm}}{10^6} = 0,17 \text{ HP}$$

$$MHP = \text{Potencia por el Material} = \frac{1.896,89 \frac{\text{lb}}{\text{h}} \times 2,50 \times 54,72 \text{ pies}}{10^6} = 0,26 \text{ HP}$$

4.6.4. Potencia por el material corregida

Es posible que sea necesario ajustar la potencia calculada de un transportador de tornillo para que la unidad de transmisión tenga más potencia y par de torsión disponibles para superar una condición de malestar. El Factor de potencia del material corregido se usa para aumentar la potencia total del eje (TSHP) de un transportador de tornillo cuando la potencia de material calculada (MHP) es menor que 5 HP. Ingresando al gráfico de la Figura N° 28: Gráfico de factor potencia del material corregido, se corrige la MHP.

$$MHP_{\text{corregida}} = 0,50 \text{ HP}$$

Finalmente, tomando una eficiencia del 80%, la TSHP es:

$$TSHP = \frac{0,50 \text{ HP} + 0,017 \text{ HP}}{0,80} = 0,84 \text{ HP}$$

El motor del equipo será de 1 HP.

4.6.5. Especificaciones técnicas

A-TT-01	
Tipo	Transportador de tornillo sin eje
Caudal a transportar (L/h)	663,39
Porcentaje de carga	30% A
Diámetro del tornillo (pulgada)	4
Capacidad de procesamiento máxima (L/h)	1.614,06
Inclinación	45°
Largo (pie) / (m)	54,72 / 16,68
Velocidad de rotación (rpm)	59
Potencia del motor (HP)	1

Tabla N° 113: Especificaciones técnicas de A-TT-01.

5. Formación del polímero biodegradable

Este proceso implica la mezcla y extrusión de todos los componentes, la pelletización y finalmente, el envasado de los pellets de polímero. Se detallan a continuación, los equipos y su codificación:

Equipo	Código
Extrusora	P-E-01 y P-E-02
Pelletizadora	P-P-01
Embolsadora	P-EM-01

Tabla N° 114: Listado de equipos – Formación del polímero.

5.1. Extrusoras P-E-01 y P-E-02

El proceso habitual de extrusión implica inicialmente la fusión de un sólido granulado y puede dividirse en seis funciones principales:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte y presurización del fundido
- Mezclado
- Desgasificación
- Conformado

El conformado puede no ser el definitivo. En este caso, el producto obtenido adquirirá su forma final en un proceso secundario, ya que la función principal de la extrusión es incorporar y mezclar los componentes. El dispositivo de fusión, plastificación y bombeo está constituido por uno o más tornillos sin fin que giran en el interior de un cilindro o barril calentado por resistencias eléctricas.

El equipo consta de las siguientes partes principales:

- Tolva de alimentación
- Dos tornillos o husillos
- Cilindro o barril
- Dado de descarga

En la parte final del barril se encuentra un filtro que consiste en un disco con perforaciones incluido en la placa rompedora, cuyas funciones son aumentar la presión, transformar el flujo de rotación del polímero en flujo lineal y retener material no plastificado. La boquilla de salida denominada “dado” tiene el diseño adecuado para el conformado en hebras del polímero.

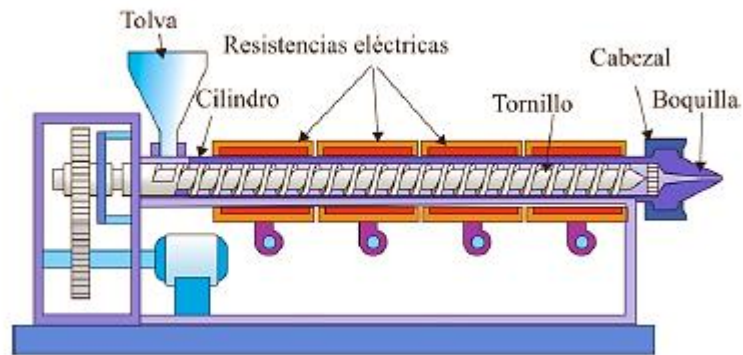


Figura N° 41: Esquema de extrusora de tornillo simple.

Las extrusoras se consideran divididas en tres zonas:

- Zona de alimentación: Es la más cercana a la tolva y en la cual la profundidad del barril es máxima.
- Zona de transición o compresión: Es una zona intermedia en la cual la profundidad del canal disminuye de modo gradual. A medida que el material se funde y mezcla, el aire y gases que pudieran quedar atrapados escapan por puntos de desgasificación.
- Zona de dosificado: Se sitúa al final, en la parte más cercana a la boquilla. El canal tiene una profundidad pequeña y constante. En esta zona, el polímero es homogeneizado y forzado a atravesar el dado.

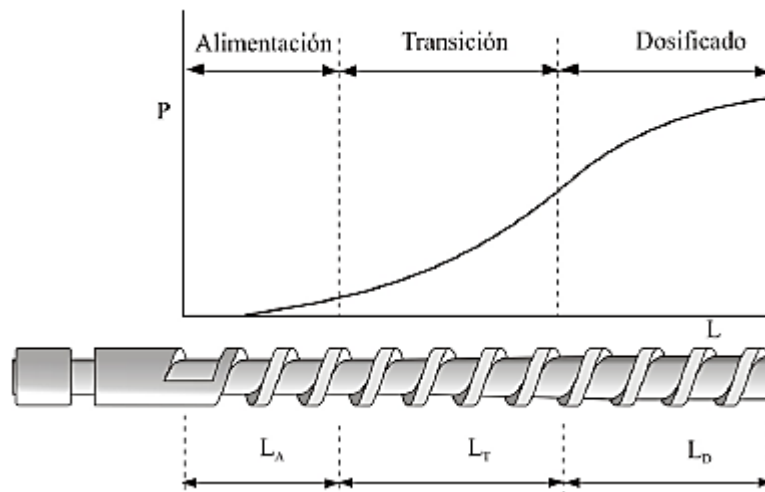


Figura N° 42: Zonas de una extrusora y evolución de la presión.

Se ha decidido emplear dos extrusoras de doble tornillo para el proceso debido a la necesidad de entregar 316,80 kW de energía térmica a la mezcla y no poder alcanzarlo con una sola extrusora. Los caudales de los componentes que ingresarán a la extrusión se muestran en la Tabla N° 115.

Componente	Caudal (kg/h)
Almidón de maíz modificado y agua	860,42
Lignina (30% humedad)	161,67
Glicerina cruda	331,25
Total	1.353,34

Tabla N° 115: Composición de la corriente de entrada a P-E-01 y P-E-02.

5.1.1. Especificaciones técnicas

Se seleccionan dos extrusoras modelo TP140-33 cuyas especificaciones se muestran a continuación y corresponden a una extrusora.

P-E-01/02	
Tipo	De doble tornillo
Caudal a procesar (kg/h)	1.353,34
Modelo	TP140-33
Cantidad	2
Capacidad de producción (kg/h) (ambas extrusoras)	3.636
Tornillos	
Número de tornillos	2
Diámetro (mm)	140
Relación L/D	33:1
Velocidad de rotación (rpm)	0-26
Dirección de rotación	Contra-rotantes
Tren de transmisión	
Potencia del motor (HP)	200
Sistema de calentamiento y enfriamiento	
Cantidad de zonas de calentamiento del barril	6
Capacidad de calentamiento (kW)	179
Cantidad de zonas de enfriamiento del barril	4
Fluido de enfriamiento	Agua
Cantidad de zonas con control de temperatura	1
Sistema de vacío	
Potencia de la bomba de vacío (HP)	5
Tipo	Anillo líquido
Sistema de agua y aire	
Presión mínima de agua (bar)	3,50
Temperatura máxima de agua (°C)	20
Consumo de agua promedio (m ³ /h)	5,50
Diámetro de la cañería de agua (plg)	½
Dimensiones	
Longitud (m)	8,12
Ancho (m)	2,11
Altura con dosificador y tolva (m)	2,90

Tabla N° 116: Especificaciones técnicas de P-E-01 y P-E-02.



Figura N° 43: Extrusora de doble tornillo Milacron TP140-33.

5.2. Pelletizadora P-P-01

Luego de ser extruido el polímero biodegradable, debe ser procesado para conseguir pellets de 5 mm que serán el producto final. Para ello, se utilizará un sistema de pelletizado que está conformado por:

- Un cabezal o dado que se comparte con las extrusoras. 01
- Una sección inundada que guía las hebras de polímero donde se enfría. 02
- Una cinta transportadora que introduce las hebras en el granulador o pelletizador. 03
- Cajas de succión que secan las hebras antes de cortarlas. 04
- Las herramientas de alimentación del pelletizador atrapan las hebras de polímero y las dirigen a las herramientas de corte. 05
- Los pellets se clasifican, se enfrían y se transportan al proceso de envasado posterior. 06
- El agua de refrigeración se filtra y se atempera en la unidad de recuperación de agua de proceso, y luego se devuelve a la sección inundada de guía de hebras. 07

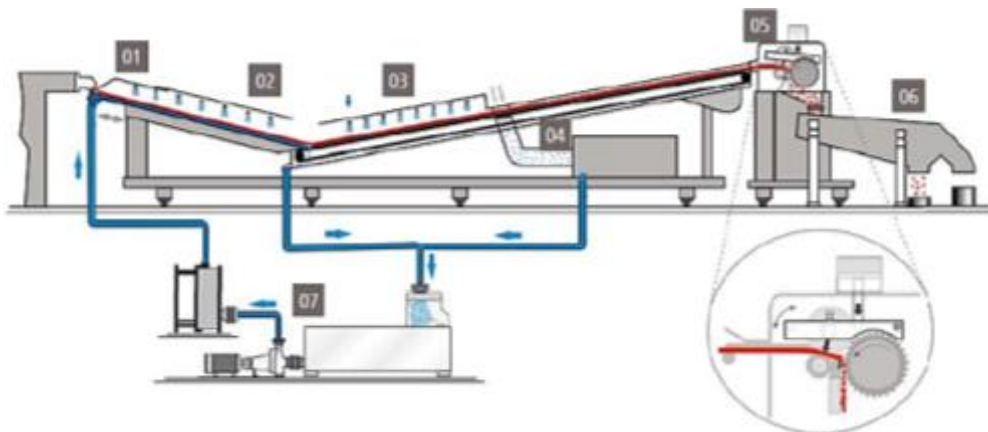


Figura N° 44: Esquema del sistema de pelletizado.



Figura N° 45: Zona de transición de sección guía de hebras a cinta transportadora.



Figura N° 46: Sistema de recuperación de agua.

5.2.1. Especificaciones técnicas

P-P-01	
Caudal a procesar (kg/h)	1.353,34
Modelo	JSG 300
Capacidad de producción (kg/h)	1.500
Sistema de enfriamiento	Por agua
Número de hebras	40
Potencia del motor (HP)	30
Velocidad de la línea (m/min)	50-150
Dimensiones	
Ancho útil (m)	3
Longitud de la sección guía (m)	3
Longitud de la cinta transportadora (m)	5

Tabla N° 117: Especificaciones técnicas de P-P-01.



Figura N° 47: Sistema de pelletizado MAAG modelo JSG.

5.3. Empaquetadora P-EM-01

El producto final se venderá en bolsas de 25 kg de pellets. Para ello, se seleccionará una máquina empaquetadora para el final del proceso productivo. La misma cuenta con:

- Depósito de bolsas vacías
- Dispositivo de toma de bolsas
- Dispositivo de apertura de bolsas
- Brazos de posicionamiento de bolsas
- Boquilla de llenado
- Transporte horizontal de bolsas
- Máquina de etiquetado
- Transporte de bolsas
- Sistema de cierre de bolsas (grapadora, termosellador)
- Dispositivo de giro de bolsas
- Plataforma de servicio
- Sistema de alimentación y dosificación
- Sistema de pesaje



Figura N° 48: Empaquetadora MF IABA 600.



Figura N°49: Boquilla de llenado con mordazas de agarre y cinta transportadora vibradora inferior.

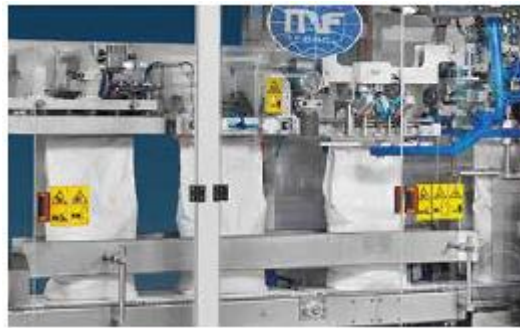


Figura N° 50: Sistema de cierre de bolsas.

Para seleccionar el equipo se determina la cantidad de bolsas de 25 kg a producir.

$$Cantidad\ de\ bolsas = \frac{1.353,34 \frac{kg}{h}}{25 \frac{kg}{bolsa}} = 55 \frac{bolsas}{h}$$

5.3.1. Especificaciones técnicas

P-EM-01	
Modelo	MF IABA 600/F
Capacidad de producción (bolsas/h)	Hasta 500
Formato de bolsas (kg)	5-50
Capacidad de almacenamiento de bolsas	Hasta 200
Tipos de bolsas admitidos	Boca abierta, plana, con fuelles laterales
Materiales admitidos	Papel, PE, rafia laminada
Dimensiones de bolsas admitidas (ancho x largo)	Mín. 180 x 450 mm – Máx. 600 x 1.100 mm
Tipos de cierre	Costura lisa, doblez y costura, costura con cinta crepé, termosellado
Potencia instalada (kW)	8
Consumo de aire comprimido (NI/min)	550
Presión de aire (bar)	6
Opcional	
Máquina de etiquetado	Dispositivo de aplicación de impresión o de etiquetas
Desaireación	Dispositivo de desaireación y compactación
Controles	Detector de metales/Control de peso
Dimensiones	
Largo (m)	5,35
Ancho (m)	3,15
Alto (m)	4,66

Tabla N° 118: Especificaciones técnicas de P-EM-01.

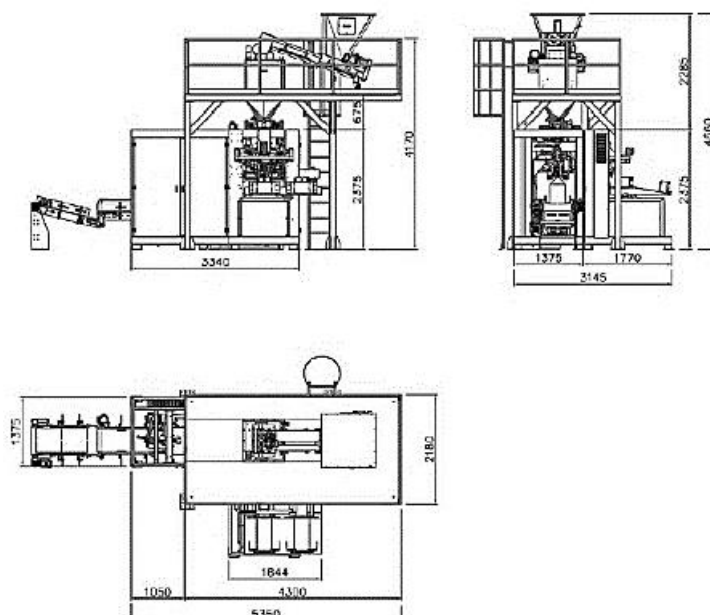


Figura N° 51: Esquema de P-EM-01.

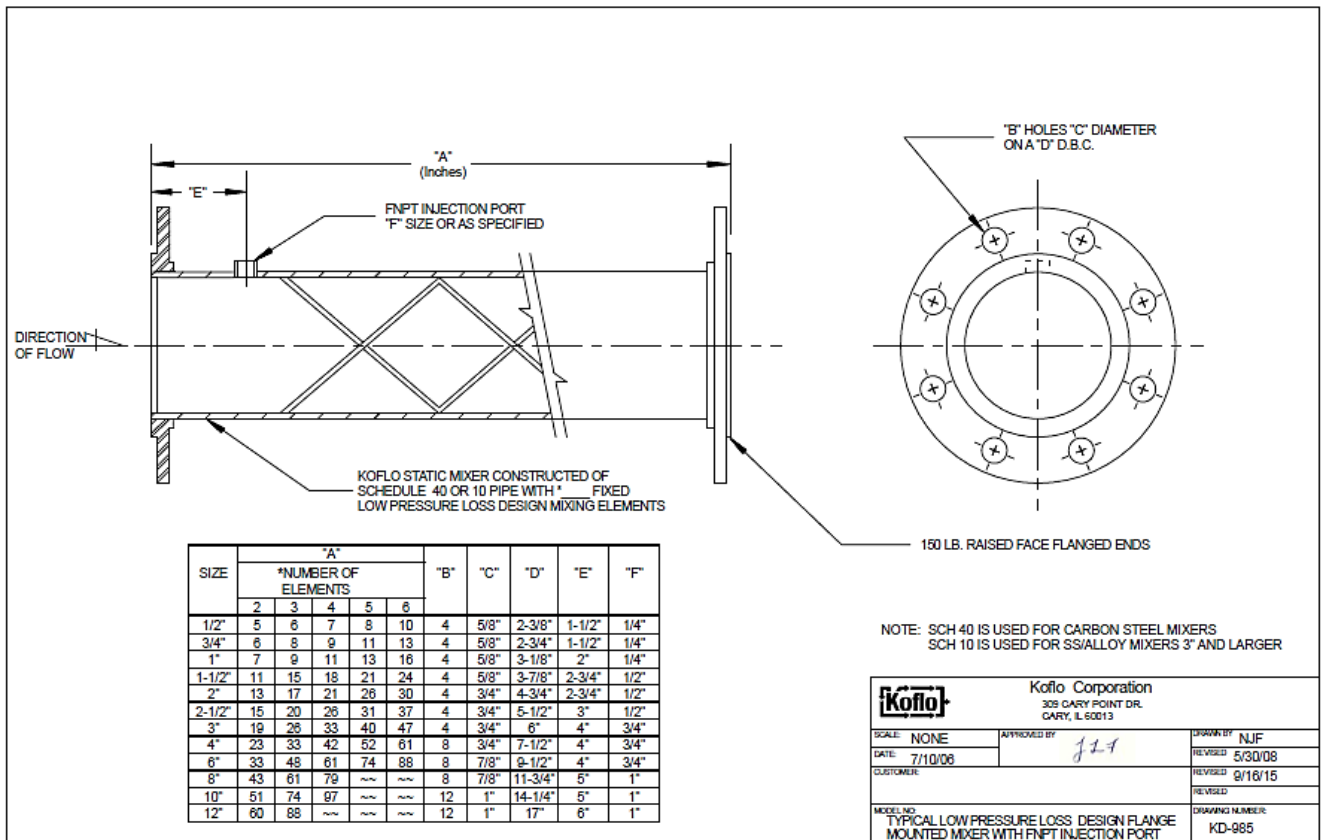
6. Bibliografía

- SILOS MENGO. Silos cono aéreo. Recuperado de: <http://silosmengo.com.ar/tresem/silosaer eos/>.
- CARGILL. Material Data Safety Sheet Crude Glycerine. Recuperado de: <https://www.cargill.com/doc/1432075994011/glycerin-crude-msds.pdf>.
- MAQUINARIA PULVEX. Molino Pulverizador. Recuperado de: <http://maquinariapulvex.com/molino-pulverizador.html>
- KOFLO. Static Mixers. Recuperado de: <https://www.koflo.com/static-mixers/custom-static-mixers/custom-stainless-steel-metal-alloy-static-mixers/>.
- WIKIPEDIA. Mezclador Estático. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Mezclador_est%C3%A1tico#.
- PVENG. External pressure, ASME Code Design. Recuperado de: <https://pveng.com/home/asme-code-design/external-pressure-methods/>.
- ROLLED ALLOYS. A Quick Comparison of Two Super Duplex Stainless Steels. Recuperado de: [https://www.rolledalloys.com/sharedcontent/technicalresources/alloy comparison/ZERO N-100-V-S-2507_AC_US_EN.pdf](https://www.rolledalloys.com/sharedcontent/technicalresources/alloy%20comparison/ZERO%20N-100-V-S-2507_AC_US_EN.pdf).
- ALFA LAVAL. Clara 80, Multi-purpose clarifier for wine and other beverages. Recuperado de: <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/separation/centrifugal-separators/disc-stack-separators/clara-series-clara-80.pdf>.
- ATI METALS. Technical Data Sheet ATI 904L. Recuperado de: <https://www.materials.sandvik/en/materials-center/material-datasheets/tube-and-pipe-seamless/sandvik-2rk65/>.
- TECNOLÓGICO DE MONTERREY, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA. Transferencia de Calor en Reactores. Recuperado de: http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/iq/iq95-872/reactores/clase15_2003.pdf.
- FLOTTWEG. Centrifuga de discos. Recuperado de: https://www.flottweg.com/fileadmin/user_upload/data/pdf-downloads/Separator-ES.pdf.
- KERN D. Q. (1999). Procesos de Transferencia de Calor. McGraw Hill Book Company.
- CAO E. (2004). Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos. Eduardo Cao.
- INDAG. Dynamic Inline Mixer DLM/H Homogenizer NONFOOD. Recuperado de: <https://indag.de/en/products/dlm-h-nonfood>.
- KWS. Shaftless Screw Conveyor Engineering Guide. Recuperado de: <https://www.kwsmfg.com/engineering-guides/shaftless-screw-conveyor/>.
- RIERA NADEU. RINA Serie 600 AS Centrífugas decantadoras continuas con etapa de compresión. Recuperado de: <https://www.rieranadeu.com/es/rina600AS.php>.

- KATSURAGI INDUSTRY. Drum Dryers. Recuperado de: <http://www.katsuragi.co.jp/en/products/01/drumdryer.html>.
- IKA PROCESS. Mezcladora MHD continua. Recuperado de: <https://www.ikaprocess.com/es/Productos/Mezclas-solido-liquido-cph-28/MHD-continua-csb-MHD/>.
- MILACRON. Extrusora de tornillo doble de la Serie TP. Recuperado de: <https://www.milacron.com/es/productos-2/extrusion/tornillo-paralelo-doble-de-la-serie-tp/>.
- MAAG. Automatic dry cut strand pelletizing system and dry cut belt conveyor pelletizing system. Recuperado de: <https://maag.com/pelletizer/jsg/>.
- MF TECNO PACKAGING SYSTEMS. Automatic Bagging Machine IABA 600. Recuperado de: <https://www.mftecno.com/en/products/bagging-machines-and-closing-lines/automatic/iaba-600/standard>.
- VAXASOFTWARE. Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas. Recuperado de: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf.
- SILVEIRA M. T., FERREIRA A. G.M, LOBO L. Q. (2002). The Viscosity of Aqueous Suspensions of Cellulose Fibers Part 1. Influence of Consistency and Fiber Length. *Silva Lusitana* 10(2). 171178. Recuperado de: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/slu/v10n2/10n2a03.pdf>
- GIOVANNA C., SILVERA A. J. B. (2002). Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. *Ingeniería y Desarrollo*, 12. 1 - 9. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85201201>.
- DOW. Dowtherm RP Heat Transfer Fluid Product Technical Data. Recuperado de: https://www.academia.edu/35907753/DOWTHERM_RP_Heat_Transfer_Fluid_RP_Product_Technical_Data.

7. Anexos

7.1. Anexo I: Plano de Mezclador estático en línea Koflo



7.2. Anexo II: Hoja de especificaciones de la centrífuga de discos Alfa Laval Clara 80 (L-CD-01)

Technical specification

Throughput capacity	9000 l/h (76 US barrels/h) ¹⁾
Solids discharge volume	2.1 litres (0.55 gal)
Feed temperature range	0–100 °C (32–212 °F)
Bowl speed	8,400 rpm
Feed pressure required	0–200 KPa (29 psi)
Outlet pressure available	0–700 kPa (102 psi)
Sound pressure	81 dB(A)
Separator motor	11 kW
Feed pump motor	2.2 kW
Solids pump motor	0.86 kW
Recommended fuse at 400V	25 amp

¹⁾ Actual capacity depends on particle sizes, densities, viscosity and require degree of separation.

²⁾ According to ISO 4871.

Connections

Product inlet, outlet	NW32 acc to DIN11851
Water	Hose nipple 19 mm
Solids cyclone	Hose 101 mm
Solids pump	NW25 acc to DIN11851

Utilities consumption

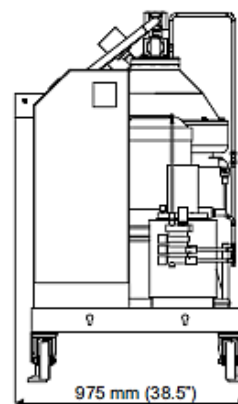
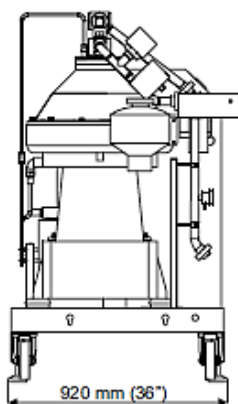
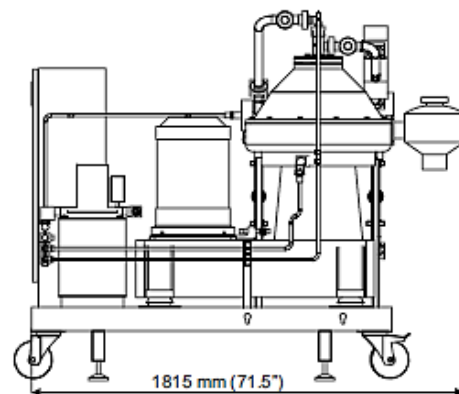
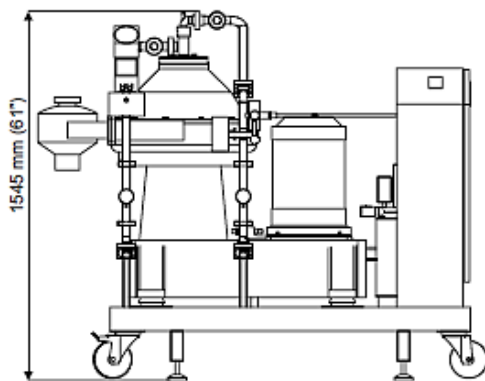
Power consumption (separator)	10.1 kW at 8 m ³ /h
Water consumption	up to 48 l/h (0.2 USgpm)
Required water pressure	0 bar

Material data

Bowl body	s.s. 1.4501 UNS S32760
Bowl hood, lock ring and distributor	s.s. 1.4462 UNS S31803
Solids cover and frame hood	s.s. 1.4401 UNS 31600
In and outlet parts	s.s. 1.4401 UNS 31600
Frame bottom part	Cast grey iron
Piping	s.s. 1.4407 UNS S30400
Gaskets and O-rings	Nitrile rubber

Shipping data (approximate)

Complete module incl. bowl & motor (net)	830 kg (1,830 lbs)
Gross weight	1025 kg (2,260 lbs)
Volume	3.8 m ³ (134 ft ³)

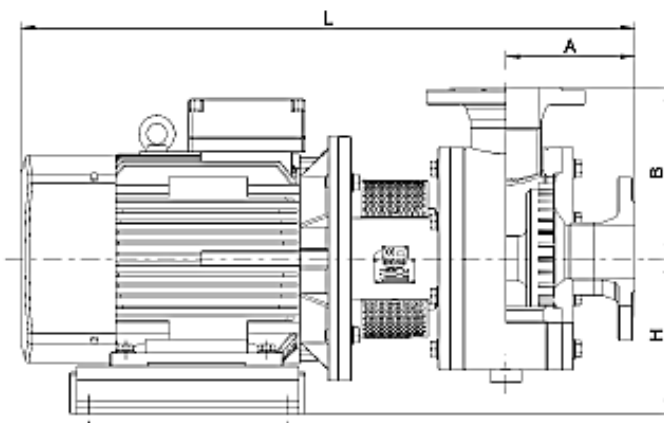


7.3. Anexo III: Hoja de especificaciones del mezclador dinámico INDAG DLM/H (L-MD-01)

Type DLM/H ... ST**	unit	2	3	4	5
capacity*	l/h	50-6,000	500-30,000	2,000-55,000	5,000-120,000
connection	DN	25-50	50-65	80-100	100-125
optional	ASME	1-2"	2"-2,5"	3"-4"	4"-5"
power	kW	2.2-4.0	4-11	11-22	37.5-75
rotational speed	1/min	1,000-6,000	1,000-5,000	1,000-3,600	1,000-3,600
mixing stages compact version	2	DLM/H-202 KB	DLM/H-302 KB	DLM/H-402 KB	DLM/H-502 KB
mixing stages bearing block version	3		DLM/H-303 LB	DLM/H-403 LB	DLM/H-503 LB

*Capacity depends on product. ** Type designation ST = standard execution has been left out within the table.

■ Dimension drawing DLM/H (KB)



■ Dimension table of DLM/H

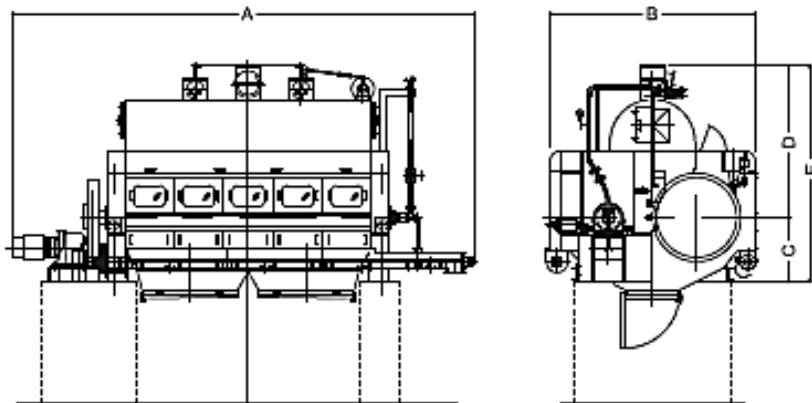
Type	unit	A	B	H*	L*
DLM/H-202 KB	mm	130	165	170	595
DLM/H-302 KB	mm	162	180	190	775
DLM/H-402 KB	mm	174	210	190	835
DLM/H-502 KB	mm	202	260	238	1010
DLM/H-202 LB	mm	130	165	250	1200
DLM/H-302 LB	mm	162	180	312	1500
DLM/H-402 LB	mm	174	210	385	1600
DLM/H-502 LB	mm	202	260	460	1800

* depends on the drive

7.4. Anexo IV: Hoja de especificaciones del secador de rodillos Katsuragi (A-SR-01)

Standard Dimension Size

Double Drum Dryer



■ Double-Drum Dryer Standard Dimension List

Model	Drum size [mm]		Heating area [m ²]	Power [kW]		Outer size [mm]					Steam inlet size [A]
	Diameter	Length		Unit body	Side conveyer	A	B	C	D	E	
D-0405	400	500	1,25	0,75	—	2,000	1,000	500	850	1,350	25
D-0410	400	1,000	2,5	1,5	—	2,500	1,000	500	850	1,350	25
D-0610	600	1,000	3,7	2,2	0,4	3,450	1,650	850	1,200	2,050	40
D-0615	600	1,500	5,6	2,2	0,4	4,000	1,650	850	1,200	2,050	40
D-0815	800	1,500	7,5	5,5	0,4	4,300	2,150	770	1,350	2,120	50
D-0820	800	2,000	10	5,5	0,4	4,950	2,150	770	1,350	2,120	50
D-1020	1,000	2,000	12,5	7,5	0,4	5,050	2,500	840	1,500	2,340	65
D-1025	1,000	2,500	15,7	7,5	0,4	5,550	2,500	840	1,500	2,340	65
D-1225	1,250	2,500	19,6	11	0,75	5,800	3,000	930	1,770	2,700	65
D-1230	1,250	3,000	23,5	11	0,75	6,300	3,000	930	1,770	2,700	65
D-1530	1,500	3,000	28,2	15	0,75	6,450	3,500	1,000	2,160	3,160	80
D-1535	1,500	3,500	33	15	0,75	6,950	3,500	1,000	2,160	3,160	80

Maximum steam pressure : 0,8 MPaG

7.5. Anexo V: Hoja de especificaciones del mezclador dinámico IKA MHD 2000/05 (A-MD-01)

Información Técnica	
Total capacity	700 l/h
Solids capacity (max.)	500 l/h
Motor power	5.5 kW
Motor speed	3000 rpm
Tip speed	23 m/s
Speed regulation possible	yes
Mixing tools	variable
Single mechanical seal	yes
Double mechanical seal	yes
Flame proof possible	yes
Cleaning	yes CIP
Sterilisation	yes SIP
Inlet solid	DN 50
Inlet liquid	DN 25
Outlet	DN 32
Max. solids capacity	500 l/h
No. ref.	00MHD20005

7.6. Anexo VI: Hoja de especificaciones de la pelletizadora MAAG (P-PE-01/02)

JSG

Technical data

Technical data:	JSG 200	JSG 300	JSG 400	JSG 600	JSG 900
Strand pelletizer:		PRIMO ^{plus}		M-ASG	
Operating width:	200 mm	300 mm	400 mm	600 mm	900 mm
Pelletizer motor power (depending on material type, pellet weight, and pellet size):	5.5-18.5 kW	7.5-22 kW	11-30 kW	15-45 kW	30-75 kW
Line speed:	50-150 m/min				
No. of strands (at 3 mm pellet diameter):	25	40	50	80	120
Length of strand guide section:	2, 3 or 4 m				
Length of conveyor belt:	3, 5 or 7 m				

Throughput [kg/h]*:	JSG 200	JSG 300	JSG 400	JSG 600	JSG 900
PA 6, PA 6.6 + 15-50 % glass fiber or fillers:	2,000	3,000	4,000	6,000	9,000
PE, PP + 15-50 % glass fiber or fillers:	1,000	1,500	2,000	3,100	4,600
ABS/PC blend + 15-50 % glass fiber or fillers:	1,300	2,000	2,600	3,900	5,900
PET, PBT + 15-50 % glass fiber or fillers:	1,600	2,600	3,200	5,200	8,000
PPS + 15-50 % glass fiber or fillers:	1,300	2,000	2,600	3,900	5,900

* At 3 mm of pellet length and 3 mm of pellet diameter; further products on request.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

**Anexo VII: Módulo de Tratamiento de
Efluentes**

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo.....	363
2. Caracterización del efluente.....	363
3. Tratamiento del efluente.....	364
3.1. Tanque ecualizador D-TK-06.....	364
3.2. Módulo de tratamiento de efluentes.....	364
3.2.1. Secciones del módulo de tratamiento.....	365
4. Bibliografía.....	368

Índice de Figuras

Figura N° 1: Módulo de tratamiento de efluentes Synertech HYDROBLOCK.....	365
Figura N° 2: Equipo para flotación por aire disuelto.....	365
Figura N° 3: Equipo de digestión biológica por goteo.....	366
Figura N° 4: Módulo de pulimento.....	366
Figura N° 5: Secciones del módulo de tratamiento.....	367

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Características del efluente generado en el proceso.....	363
--	-----

1. Objetivo

En este Anexo se explica en detalle el módulo de tratamiento elegido, cuya función es permitir la reutilización del agua mediante distintos tratamientos de la corriente de efluentes generada.

2. Caracterización del efluente

Del proceso de producción se desprenden tres corrientes principales de efluentes. Las mismas son, la salida de líquido de la centrífuga del almidón (A-CT-01), la salida de líquido de la primera etapa de centrifugación del proceso de obtención de la lignina (L-CD-01) y la salida de líquido de la tercera etapa de centrifugación del mismo proceso (L-CD-03).

Dado que entre las corrientes mencionadas no hay incompatibilidades químicas, las mismas se juntarán y se dirigirán a un tanque pulmón de efluentes donde se ajustará el pH para su posterior tratamiento. La corriente de efluentes diaria será de 120.406 kg/d y tendrá las siguientes características:

pH final	ácido
Materia orgánica total (kg/d)	11.969,1
Sulfatos (kg/d)	1.009,0
Fosfatos (kg/d)	167,8
Etanol (kg/d)	9.425,2

Tabla N° 1: Características del efluente generado en el proceso.

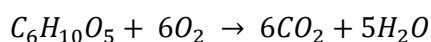
A partir de la materia orgánica total, cuyos principales aportes son hemicelulosa y almidón, junto con otros componentes como ceras y gomas provenientes de la cáscara de arroz, se estimó un contenido de DQO, a modo de caracterizar con mayor detalle el efluente. La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l). Para simplicidad del cálculo y, dado que no conocemos la fórmula molecular de todos los componentes orgánicos que presentará nuestro efluente, decidimos estimar el valor de DQO a partir de considerar que la totalidad de la materia orgánica es celulosa. Por otro lado, el etanol sí se consideró por separado ya que su fórmula molecular es conocida y no genera dificultades para el cálculo.

Considerando:

12.000 kg como celulosa (162,14 kg/kmol) = 74 kmol de celulosa

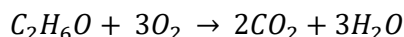
9.425 kg de etanol (46,07 kg/kmol) = 204,5 kmol de etanol

Reacción de oxidación de la celulosa:



$$\frac{6 \text{ kmol } O_2}{1 \text{ kmol } C_6H_{10}O_5} \times 74 \text{ kmol } C_6H_{10}O_5 = 444 \text{ kmol } O_2$$

Reacción de oxidación del etanol:



$$\frac{3 \text{ kmol } O_2}{1 \text{ kmol } C_2H_6O} \times 204,5 \text{ kmol } C_2H_6O = 613,8 \text{ kmol } O_2$$

Sumando los moles de oxígeno obtenidos en cada caso:

$$444 \text{ kmol } O_2 + 613,8 \text{ kmol } O_2 = 1057,8 \text{ kmol } O_2$$

Luego, considerando que la densidad del efluente es aproximadamente 1.000 kg/m³ debido a ser un efluente acuoso, se obtiene un total de 2,81 mg O₂/l lo cual corresponde al valor de DQO del efluente.

Por otro lado, respecto al pH, se indicó que el valor del mismo será ácido por lo que requerirá una neutralización.

3. Tratamiento del efluente

3.1 Tanque equalizador D-TK-06

Como se indicó en el Capítulo VI, dado que no existen incompatibilidades químicas, los dos efluentes se juntarán en un tanque pulmón que tiene capacidad para acumular los efluentes por una totalidad de dos días. En el mismo se ajustará el pH para que alcance un valor de 7. El tanque funcionará también como sedimentador para eliminar la mayor cantidad de barros posibles para su paso a la siguiente etapa de tratamiento.

3.2 Módulo de tratamiento de efluentes

Dado que el caudal diario de efluentes es demasiado elevado para que sea retirado por medio de camiones cisterna, se propone la instalación de un módulo compacto de tratamiento de efluentes que viene especialmente acondicionado y diseñado para las características de nuestro efluente. El mismo tiene capacidad para procesar hasta 250 m³/d, de modo que puede cubrir nuestro requerimiento de 120 m³/d. Respecto a las dimensiones, dado que es un módulo compacto, ocupa la misma superficie que un acoplado de camiones, de aproximadamente 20 m x 3 m. Los mismos están diseñados para tratar efluentes de mediana y alta complejidad, especialmente de la industria alimenticia como ser fabricación de productos y bebidas en general y beneficio y sacrificio de bovinos y porcinos. Dado que se trata de industrias que tienen gran contenido de materia orgánica en sus efluentes, podemos decir que nuestro efluente se encontrará entre los efluentes tratados típicamente por este tipo de módulos.



Figura N° 1: Módulo de tratamiento de efluentes Synertech HYDROBLOCK.

3.2.1 Secciones del módulo de tratamiento

El módulo de tratamiento de efluentes se compone de las siguientes partes:

- Cribas: Las cribas estáticas son módulos de tratamiento primario para efluentes industriales. Son ideales para separar sólidos mayores que son transportados por el agua y que pueden afectar el normal funcionamiento de los equipos de bombeo y demás procesos de tratamiento.
- Flotación por aire disuelto o cavitado: Equipos de flotación por aire disuelto, son equipos que se encargan de separar las partículas en suspensión y flotantes, mediante la aplicación de micro burbujas de aire en una solución sobresaturada. Las micro burbujas se encargan de adherir los sólidos, aprovechando el recorrido ascendente de las burbujas, los sólidos van flotando hacia el sistema de separación superior.



Figura N° 2: Equipo para flotación por aire disuelto.

- Sedimentadores de alta tasa: Ideales para procesos de tratamiento de efluentes industriales, como procesos biológicos (aeróbicos, anaeróbicos) y físico químicos.
- Digestión biológica por goteo – procesos biológicos aeróbicos MBBR: El relleno MBBR (Flocor RS) permite triplicar la superficie de contacto entre los microorganismos de digestión aeróbica, agua residual y materia orgánica, lo que permite una mayor degradación de la carga contaminante en un menor tiempo de contacto.

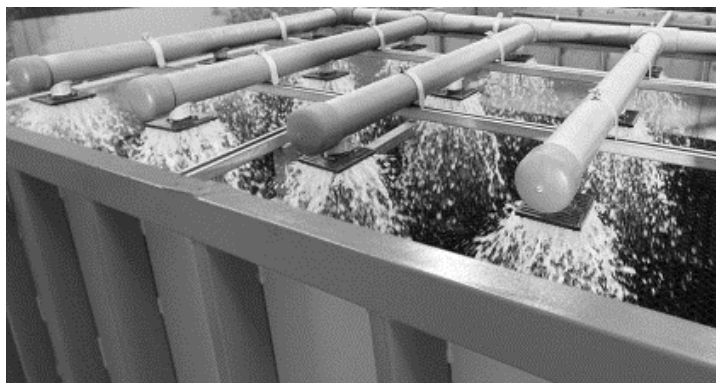


Figura N° 3: Equipo de digestión biológica por goteo.

- Módulo de pulimento final: El módulo HIDROBLOCK incluye en su diseño un área destinada como cuarto de mando y máquina, en ella se encuentran técnicamente instalados, todos los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos para los procesos de manejo operacional de la planta y tratamientos finales del efluente con los siguientes procesos: dosificación química, filtración, cloración y desinfección ultravioleta.



Figura N° 4: Módulo de pulimento.

Finalmente, dado que nuestro consumo de agua para el proceso también es alto, se piensa reutilizar el agua tratada por el módulo y reingresarla al proceso. De esta manera, no solo nos encontraríamos tratando el efluente producido, sino que estaríamos reutilizando el recurso, de modo que la toma de agua de fuentes

superficiales, en nuestro caso, la laguna Setúbal, sería mucho menor. Considerando que se requieren para el proceso 173.000 kg/d de agua, al reutilizar el agua proveniente de los efluentes que consta de aproximadamente 97.835 kg/d de agua neta, nos permitiría reducir el consumo de agua a 75.905 kg/d. Esto corresponde a una disminución del 56,3% del consumo de agua respecto al proceso sin las etapas de tratamiento y recirculación.

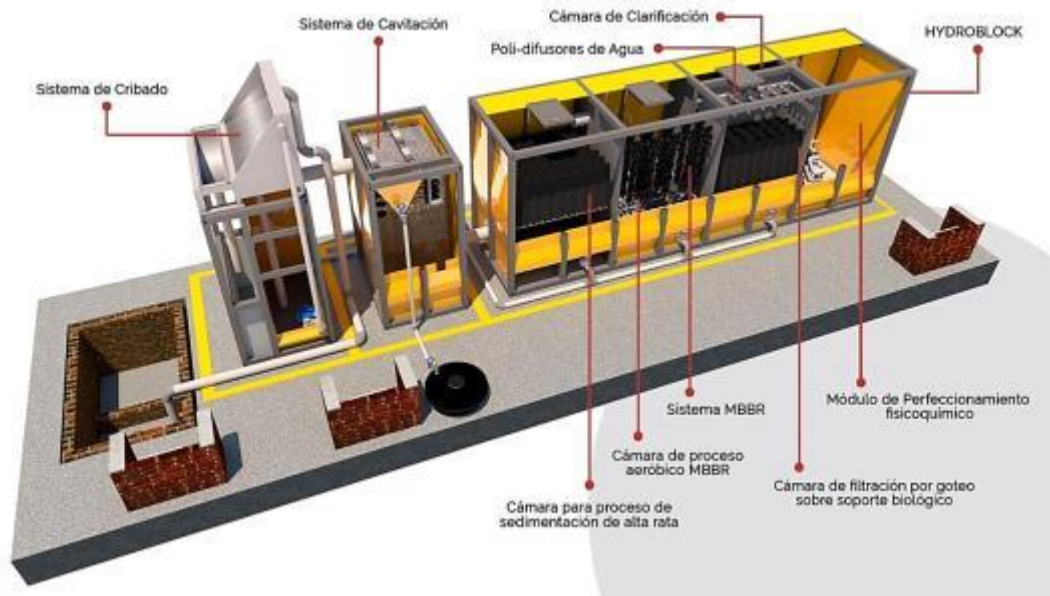


Figura N° 5: Secciones del módulo de tratamiento.

4 Bibliografía

- SYNERTECH. Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. Recuperado de: <https://www.nyfdecolombia.com/aguas-residuales/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales>.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Anexo VIII: Esquema de Control

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo.....	372
2. Esquema de control general.....	372
2.1. Funcionamiento.....	373
2.1.1. Control de llenado del Tanque D-TK-04.....	373
2.1.2. Control de caudal hacia el Reactor de Deslignificación L-R-02.....	373
2.1.3. Control de nivel en el Condensador L-C-01.....	373
2.1.4. Protección de la bomba B-02.....	374
2.1.5. Instrumentos.....	374
3. Esquema de control de caudal de etanol.....	377
3.1. Principio de funcionamiento.....	377
3.2. Dimensionamiento de la línea.....	378
3.3. Dimensionamiento de la placa orificio.....	379
3.4. Elemento transmisor.....	382
3.5. Controlador y elemento final de control.....	384
3.5.1. Controlador.....	385
3.5.2. Elemento final de control.....	387
4. Bibliografía.....	388

Índice de Figuras

Figura N° 1: Lazos de control desarrollados.....	372
Figura N° 2: Válvula de alivio de presión y vacío PVSV-004.....	374
Figura N° 3: Tapa de emergencia PSE-005.....	375
Figura N° 4: Termómetro bimetalico TI-002.....	375
Figura N° 5: Transmisor de nivel LT-003 y su ubicación en el tanque.....	376
Figura N° 6: Transmisor de nivel LT-006 y su ubicación en el equipo.....	376
Figura N° 7: Perfil de presión en la línea y a través de la placa orificio.....	377
Figura N° 8: Variables seleccionadas para el diseño.....	380

Figura N° 9: Selección del tipo de cálculo: Cálculo del diámetro conociendo el caudal y ΔP .	381
Figura N° 10: Parámetros obtenidos: Diámetro, β , Re, Coeficiente de descarga.	381
Figura N° 11: Placa orificio.	382
Figura N° 12: Esquema de un transmisor de presión diferencial.	383
Figura N° 13: Esquema de una instalación típica de placa orificio.	384
Figura N° 14: Ubicación recomendada del instrumento de medición.	384
Figura N° 15: Diagrama de bloques del controlador elegido.	385
Figura N° 16: Controlador Bürkert serie 8611.	386
Figura N° 17: Esquema de la válvula de control.	387

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Características de la línea.	378
Tabla N° 2: Condiciones de operación de la placa orificio.	379
Tabla N° 3: Tipos de placa orificio según fluido.	379
Tabla N° 4: Especificaciones técnicas de la placa orificio y la línea de instalación.	382

1. Objetivo

En este anexo se desarrollará con cierta profundidad el diseño de un esquema de control principal de uno de los tanques de almacenamiento y se explicarán de manera breve otros lazos de control afines al proceso controlado por el primero.

2. Esquema de control general

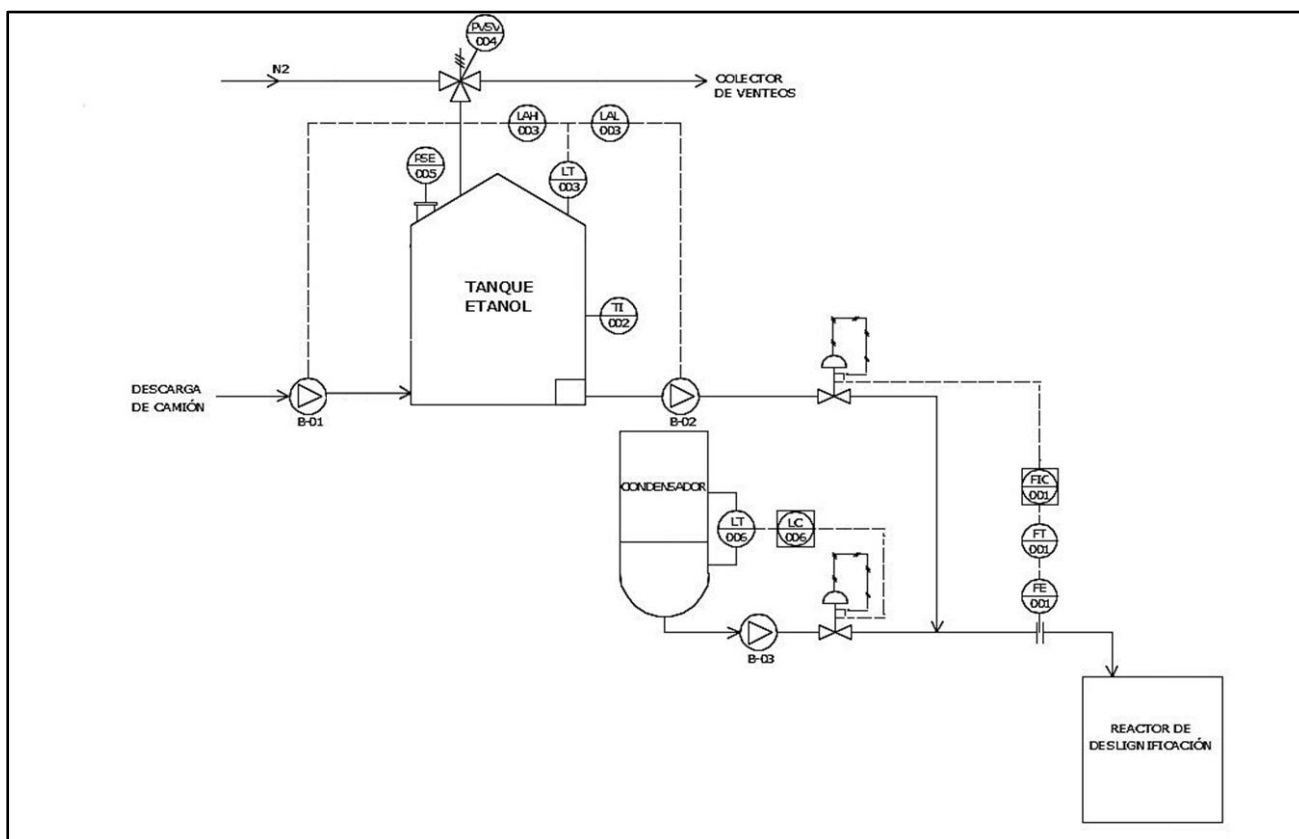


Figura N° 1: Lazos de control desarrollados.

Como puede verse, el esquema general involucra distintos equipos del proceso de Obtención de lignina además de las bombas y válvulas detalladas:

- Tanque de almacenamiento de etanol D-TK-04
- Condensador de etanol L-C-01
- Reactor de Deslignificación L.R-02

2.1 Funcionamiento

Se explica a continuación el funcionamiento de los equipos e instrumentos. El esquema de control del tanque de etanol consta de las siguientes partes.

2.1.1 Control de llenado del Tanque D-TK-04

La bomba B-01 produce la descarga del etanol proveniente del camión cisterna del proveedor hacia el tanque de almacenamiento. El encendido de la bomba es manual pero su apagado se encuentra asociado a la alarma de alto nivel del tanque (LAH-003), proveniente del transmisor LT-003. Cuando se llega al nivel alto del tanque (HLL), el transmisor envía la señal de alarma que se asocia a una señal de paro con el motor de la bomba, provocando que la misma se apague. De esta manera, se evita que desborde el tanque en el momento de llenado. Dado que el llenado del tanque es de manera discontinua, solo hay posibilidades de que rebalse cuando se produce la descarga del camión. Por lo tanto, con este sistema de control queda asegurado que no se sobrepasará el nivel del tanque.

2.1.2 Control de caudal hacia el Reactor de Deslignificación L-R-02

Si bien esta etapa de control no corresponde estrictamente al tanque de etanol sino al reactor, se incluye dentro de este esquema de control ya que está asociada a los dos equipos. El reactor de deslignificación recibe etanol recirculado proveniente del condensador, sin embargo, dado que no es posible recircular la totalidad del fluido, se consigue que se recircule aproximadamente un 80%. Es por ello que es necesario ingresar etanol fresco proveniente del tanque para compensar la diferencia que se pierde en el proceso.

Para ello, se instala un elemento de medición de flujo (FE-001) del tipo placa orificio en la línea de etanol de entrada al reactor. La placa está conectada a un transmisor de flujo (FT-001) y a un controlador (FIC-001) que tiene seteado el valor de caudal de etanol que debe ingresar al reactor, siendo de 896,25 kg/h. Al producirse variaciones en el caudal de etanol, las mismas son leídas por la placa orificio y el controlador envía una señal a la válvula de control neumática para regular la cantidad de etanol que provee el tanque. De esta manera, queda asegurado que al reactor siempre ingrese el caudal de etanol correspondiente.

2.1.3 Control de nivel en el Condensador L-C-01

Para impulsar el etanol que se recircula al proceso desde el condensador, se instala la bomba B-03 que eleva la presión hasta 14 bar para poder ingresar al reactor. Dado que el nivel de etanol en el condensador puede variar por fluctuaciones propias del proceso y de esa forma, modificar la presión de succión de la bomba (ya que la misma depende de la altura de la columna de líquido), se instala una válvula de control aguas abajo de la bomba, asociada a un control de nivel en el condensador (LC-006) que recibe la señal del transmisor de nivel (LT-006). La válvula genera una mayor o menor pérdida de carga en función a la variación del nivel y modifica el caudal de impulsión. Esta acción funciona como protección para la bomba en el caso de que baje el nivel del condensador y con ello aumente en ANPA disponible.

2.1.4 Protección de la bomba B-02

En el caso de que se consuma mayor caudal de etanol del esperado y el nivel del tanque disminuya más de lo normal, se dispone de la siguiente protección para la bomba B-02 que opera de forma continua. Si el nivel del tanque baja hasta el LLL (Low Liquid Level), el transmisor LT-003 envía una señal de alarma de bajo nivel en el tanque que se encuentra asociada mediante una señal de paro al motor de la bomba B-02. Entonces la bomba se detiene y se evita que la misma succione en vacío. Adicionalmente, la bomba contiene una placa rompe vórtice para evitar que se produzcan remolinos en la succión y la misma aspire aire.

2.1.5 Instrumentos

- Válvula de alivio de presión y vacío en el tanque - PVSV-004

Dado que el tanque contiene un fluido que puede generar una mezcla explosiva en determinadas concentraciones en el aire, el mismo cuenta con una válvula de seguridad de presión y vacío que lo protege.

En el caso de que se produzca una disminución de presión que supere los límites operativos normales, se activa el ingreso de nitrógeno a través de la válvula evitando el ingreso de aire y generando una atmósfera inerte. Por otro lado, si se genera una sobrepresión en el tanque, la válvula se abre y permite ventear los fluidos hacia un tanque colector.

Para este tipo de válvulas se elige una de la marca BVALVE, la cual ofrece un ajuste de presión de 2,5 mbar a 50 mbar y un ajuste de vacío de -2,5 mbar a -30 mbar.



Figura N° 2: Válvula de alivio de presión y vacío PVSV-004.

- Tapa de emergencia - PSE-005

Si bien el tanque no se encuentra sometido a presión, se incluye este elemento de seguridad para operar en caso de que se produzca un evento inesperado de sobrepresión en el tanque y la válvula de seguridad de presión y vacío no sea capaz de desalojar el fluido presente.

Están diseñados para su instalación en bocas de acceso de tanques y, en caso de compromiso ignífugo de emergencia del tanque, constituyen una herramienta de alivio de grandes volúmenes de vapores, que sobrepasan la capacidad de un venteo en condiciones normales de operación. El venteo se abre completamente para permitir el escape de vapores y evitar el daño al tanque. La tapa se debe volver a amarrar manualmente una vez que se haya realizado el venteo.



Figura N° 3: Tapa de emergencia PSE-005.

- Indicador de temperatura - TI-002

Si bien el tanque no requiere de un control estricto de la temperatura, ya que su operación es a temperatura ambiente, se incluye un indicador de esta variable para conocer el valor de la misma.

Se utilizará un termómetro bimetálico de la marca GESA modelo D03.



Figura N° 4: Termómetro bimetálico TI-002.

- Transmisor de nivel LT-003

El transmisor de nivel utilizado en el tanque de almacenamiento (D-TK-04) será del tipo ultrasónico. El mismo puede utilizarse para medir nivel de hasta 5m, proporciona una medición continua del nivel

y emite una señal analógica de corriente de 4 a 20 mA. La marca del equipo es KROHNE y el modelo OPTISOUND 3010.

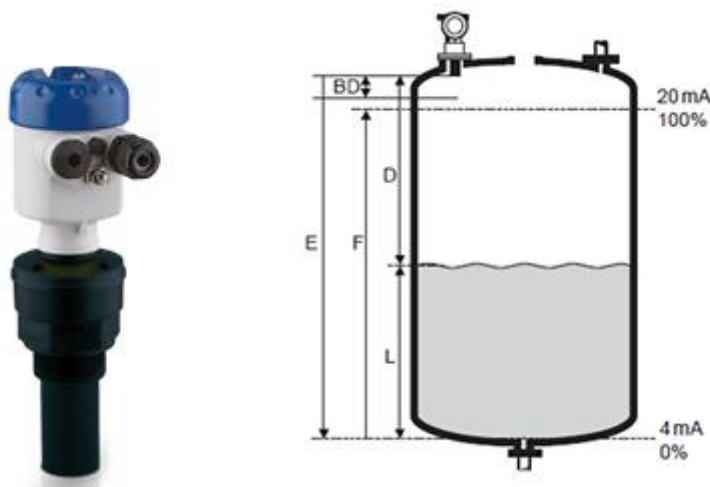


Figura N° 5: Transmisor de nivel LT-003 y su ubicación en el tanque.

- Transmisor de nivel LT-006

En este caso, se propone el uso de un medidor de nivel por presión diferencial, de la marca SMAR serie LD300, que emite una señal de 4 a 20 mA.



Figura N° 6: Transmisor de nivel LT-006 y su ubicación en el equipo.

3. Esquema de control de caudal de etanol

Se explicará a continuación el funcionamiento y diseño de la instalación de medición y control de caudal de etanol de entrada al reactor (L-R-02). Este sistema consta de la medición de caudal por medio de una placa orificio, la transmisión de la señal y el control a través de la válvula neumática.

3.1. Principio de funcionamiento

La placa orificio se encuentra dentro del grupo de los instrumentos de medición de caudal por presión diferencial. Se trata de elementos de construcción y principio de funcionamiento sencillos, así como también económicos. El principio de funcionamiento se basa en una caída de presión en la línea de flujo provocada por la interposición de un elemento, y su ponderación es una medida indirecta del caudal. A continuación, se puede observar cuál es el perfil de presión desarrollado a lo largo de la línea y cómo se explica a través del efecto Venturi.

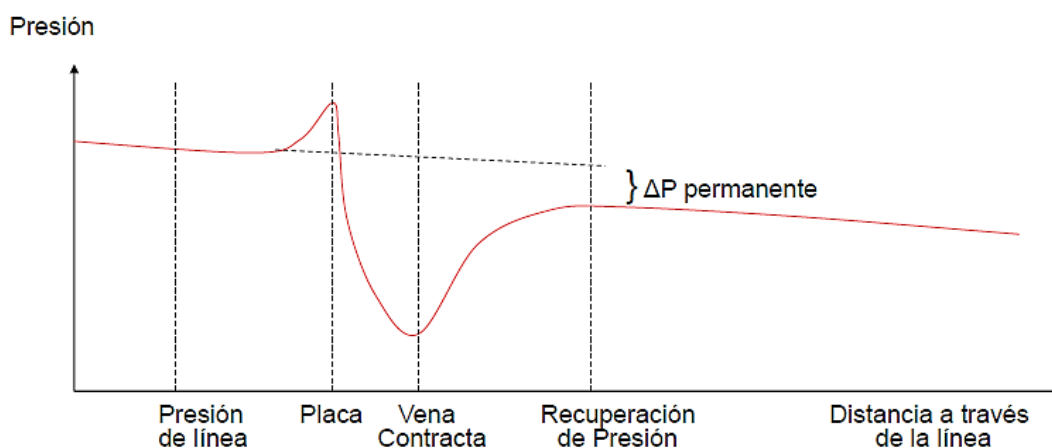


Figura N° 7: Perfil de presión en la línea y a través de la placa orificio.

Como se puede observar en la imagen, al interponerse la placa en la línea, la misma actúa como una restricción para el paso del flujo ya que disminuye la sección. Entonces se produce primero una disminución de la velocidad al interceptar a la restricción, lo cual genera un aumento de presión. Posteriormente, aguas debajo del orificio se produce un aumento de la velocidad de flujo a causa de tener una menor sección, lo cual va acompañado de una disminución de la presión hasta llegar al punto de “vena contracta”, donde la presión es mínima y la velocidad máxima. Luego de una determinada distancia, se recupera la presión de la línea, pero se obtiene como resultado de la interferencia de la placa una caída de presión permanente. La placa, que consiste en una chapa con un orificio central, se instala perpendicular al flujo y la disminución de su sección provoca la caída de presión mencionada, que luego se mide con cualquier instrumento utilizado para presión diferencial.

La utilidad de medir la diferencia de presión producida radica en que la misma se relaciona con el caudal y puede utilizarse como una medida indirecta del mismo a través de la siguiente expresión:

$$\dot{Q} = \left[\frac{A_2}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}} \right] \times \left[\sqrt{\frac{2 \times (P_1 - P_2)}{\rho}} \right]$$

La ecuación sirve para flujo adiabático, sin fricción y para flujo incompresible, donde A_1 , P_1 y ρ son el área de flujo, la presión y densidad del fluido antes de la obstrucción respectivamente, mientras que A_2 y P_2 representan lo propio aguas abajo del elemento.

Se elige este tipo de elemento para medición de caudal ya que es el más económico de todos, además de estar ampliamente utilizado por lo cual se puede encontrar gran cantidad de información del mismo, así como inmensidad de modelos diferentes que aplican a distintos tipos de fluido. Además, dado que nuestro fluido no es sucio, corrosivo, ni presenta fases diferentes, puede utilizarse una placa orificio sin mayores complicaciones.

3.2. Dimensionamiento de la línea

Para poder realizar el correcto dimensionamiento de la placa orificio, definimos previamente las características de la línea donde se montará la misma.

Diámetro (plg)	2 ½
Schedule	40
Serie	150
Material	Acero al carbono
Longitud (m)	3
Pérdida de carga (bar)	7,50E-05
Velocidad (m/s)	0,10

Tabla N° 1: Características de la línea.

3.3. Dimensionamiento de la placa orificio

Las condiciones de operación para la placa orificio son las siguientes:

Fluido	Etanol
Estado	Líquido
Temperatura de operación (°C)	30 - 40
Presión de operación (bar)	14
Densidad (kg/m³)	789
Caudal (m³/h)	1,15
Viscosidad (cP)	0,88
Diámetro de línea (plg)	2 ½

Tabla N° 2: Condiciones de operación de la placa orificio.

Según las fuentes consultadas, se tiene la siguiente información sobre tipos de placa orificio en función del fluido de proceso:

Medio		Placa de orificio de borde rectangular	Placa de orificio con abertura de cuadrante o cónica	Placa de orificio excéntrica	Placa de orificio segmentada
Gas	limpio	++	-	+	+
	sucio	-	-	++	++
Líquido	limpio	++	++	+	+
	viscoso	-	++	-	-
	sucio	+	+	++	++
	corrosivo	+	+	+	+
Vapor de agua		+	+	+	-

++ óptimo + adecuada - no adecuada

Tabla N° 3: Tipos de placa orificio según fluido.

En nuestro caso, dado que se trata de un fluido en fase líquida y limpio, observamos que los tipos de placa orificio con funcionamiento óptimo son las de borde rectangular o con abertura de cuadrante o cónica. Se decide elegir la de borde rectangular ya que según el catálogo ofrece mayor exactitud.

Para poder especificar las dimensiones de la placa orificio, se calculó mediante un software el valor de β (d/D) teniendo en cuenta que se cumplan los siguientes criterios:

$$0,10 \leq \beta \leq 0,75$$

$$d \geq 12,5 \text{ mm}$$

$$Re \geq 5.000$$

Las expresiones involucradas en el cálculo de las dimensiones de la placa son las siguientes:

$$q_v \times \rho = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho}$$

$$\Delta P = k q_v^2$$

$$1 = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi}{4} \beta^2 D^2 \sqrt{\frac{2gk}{\gamma}}$$

$$C = 0.5961 + 0.0261 \times \beta^2 - 0.216 \times \beta^8 + 0.000521 \times \left[\frac{10^6 \times \beta}{Re} \right]^{0.7}$$

$$+ (0.0188 + 0.0063 \times A) \times \beta^{3.5} \times \left[\frac{10^6}{Re} \right]^{0.3}$$

$$+ (0.043 + 0.08 \times e^{-10 \times L_1} - 0.123 \times e^{-7 \times L_2}) \times (1 - 0.11 \times A) \times \frac{\beta^4}{1 - \beta^4}$$

$$- 0.031 \times (M_2 - 0.8 \times M_2^{1.1}) \times \beta^{1.3}$$

$$A = \left[\frac{19000 \times \beta}{Re} \right]^{0.8} \quad M_2 = \left[\frac{2 \times L_2}{1 - \beta} \right]$$

$$\Delta P_{net} = \Delta P \cdot \frac{\sqrt{1 - \beta^4 \cdot (1 - C^2)} - C \cdot \beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4 \cdot (1 - C^2)} + C \cdot \beta^2}$$

A continuación, se muestran las variables elegidas para el cálculo utilizando el software “Orifice Plate Calculator”:

Figura N° 8: Variables seleccionadas para el diseño.

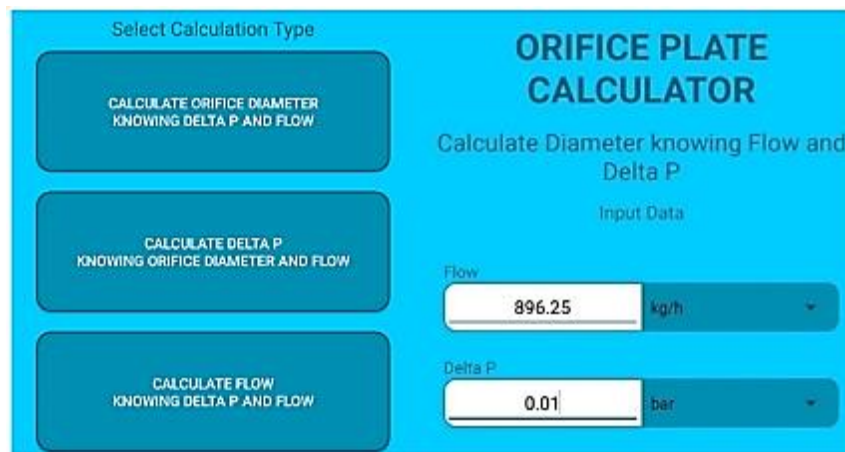


Figura N° 9: Selección del tipo de cálculo: Cálculo del diámetro conociendo el caudal y ΔP .

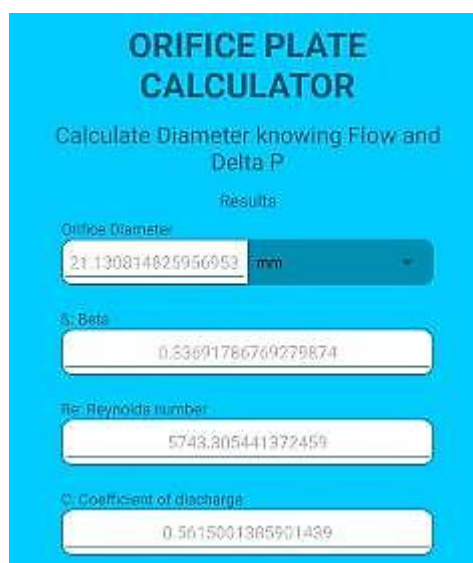


Figura N° 10: Parámetros obtenidos: Diámetro, β , Re, Coeficiente de descarga.

Posteriormente, se calculó el requisito de tramos rectos aguas arriba y aguas debajo de la placa orificio según la norma ISO 5167-2 los cuales son necesarios para que la misma opere correctamente. Los mismos se definen en función del valor de β obtenido, la disposición de las cañerías y los accesorios de las mismas. Para determinar los tramos rectos consideramos el caso de una cañería con dos codos de 90° en el mismo plano.

Finalmente se resumen a continuación, las especificaciones de la placa orificio a utilizar en el proceso:

Modelo	FLC-OP
Material	Acero inoxidable
Diámetro nominal (D) (plg)	2,5
Espesor de la placa (mm)	3
β (d/D)	0,33
Diámetro de orificio (d) (plg)	0,825
Diámetro de orificio (d) (mm)	21,0
Tramo recto aguas arriba (3ϕ) (m)	0,19
Tramo recto aguas abajo (3ϕ) (m)	0,19

Tabla N° 4: Especificaciones técnicas de la placa orificio y la línea de instalación.



Figura N° 11: Placa orificio.

3.4. Elemento transmisor

Como se explicó anteriormente, el principio de funcionamiento de la placa orificio se basa en la medición de la pérdida de carga originada por la placa para luego poder calcular el caudal. Dado que la variable medida es la pérdida de carga, se necesita un elemento transmisor de presión diferencial para poder transmitir esa información al controlador.

El transmisor de presión diferencial cuenta principalmente con un sistema de medición mecánico (1), con un elemento de presión elástico (2), con un sensor dependiente del campo magnético (3) con un cuadro de procesamiento de señales (4) y caja con las partes de conexión para la electrónica.

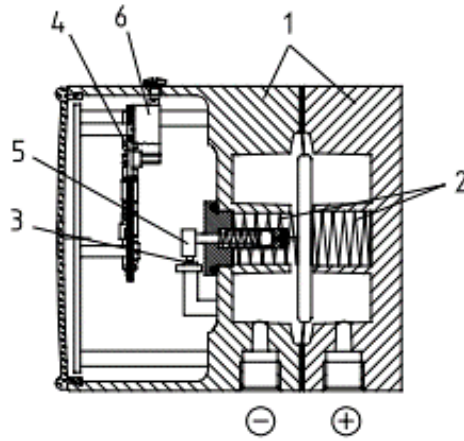


Figura N° 12: Esquema de un transmisor de presión diferencial.

Un electroimán (5) acoplado al elemento de presión influye el campo electromagnético del sensor HALL. La señal resultante se amplifica a una señal saliente estándar mediante el cuadro de procesamiento de señales. Para la recalibración, cero y tramo puede ser ajustadas mediante potenciómetros (6) fácilmente accesibles. Los símbolos positivo y negativo corresponden a la identificación de la presión entrante, ya sea (+) alta presión y (-) baja presión.

El resultado es una señal de salida que puede mostrarse tanto en el rango de 4-20 mA como en el de 0-10 V. Por regla general, los transmisores de presión diferencial también permiten medir y normalizar la presión relativa.

A continuación, se incluye un esquema de instalación típico de la placa orificio (1) con las tomas de presión diferencial (2), el transmisor (3) y el procesador de caudal (4), donde se reciben las señales y se puede visualizar el valor del mismo. Adicionalmente, dado que el esquema es apto para su uso para líneas de vapor de agua, incluye también un sensor de temperatura (5), un transmisor de presión (6) y válvulas de aislamiento (7,8) para aislar el transmisor de presión diferencial del vapor. En este caso, los últimos elementos mencionados no cumplen una función esencial ya que trabajamos con un fluido en fase líquida a una temperatura de aproximadamente 40°C, sin embargo, las funciones de indicación de presión y temperatura de la línea complementan la operación.

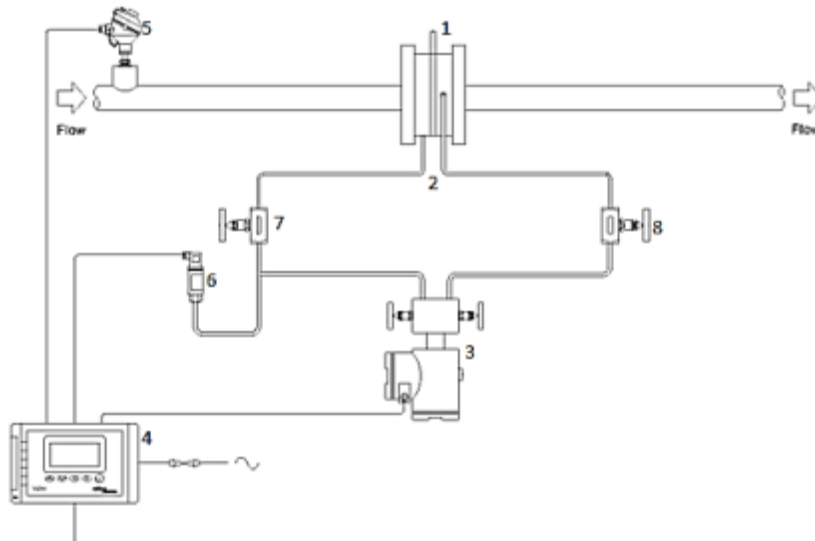


Figura N° 13: Esquema de una instalación típica de placa orificio.

Dado que se trata de un fluido condensado, se recomienda que el instrumento de medición se ubique por debajo del punto de medida, según se indica en la siguiente figura.



Figura N° 14: Ubicación recomendada del instrumento de medición.

3.5. Controlador y elemento final de control

Para poder lograr efectivamente el control del caudal, se requiere de un controlador, el cual debe recibir la señal eléctrica del transmisor y transformarla en una señal neumática que será recibida por el elemento final de control. Este elemento final de control será una válvula con actuador neumático que regulará el paso de caudal en función de la señal recibida.

3.5.1. Controlador

Para el controlador, la variable de control es el caudal de etanol de ingreso al tanque y el set point será el valor deseado del mismo, $1,13 \text{ m}^3/\text{h}$ el cual se desprende del balance de masa del proceso. En función de las variaciones del proceso, el controlador deberá mantener constante el valor del caudal a través de la válvula de control, que permitirá mayor o menor ingreso de caudal al sistema desde el tanque de etanol compensando así las fluctuaciones del caudal de etanol recirculado, que provienen del condensador.

Debido a las características del proceso, es esperable que nuestra señal tenga mucho ruido asociado, dado que el caudal depende del nivel de líquido en el condensador y éste puede fluctuar mucho debido a las variaciones de nivel normales en el proceso. Es por esto que, dentro de las acciones posibles de los controladores, nuestro controlador deberá ser P (proporcional) y no tener acciones derivativa ni integral. La acción derivativa amplifica las señales que varían rápidamente, como es el caso de los ruidos. Por otro lado, incluir la acción integral tampoco sería conveniente, ya que al ser un proceso continuo en el que fluctúa la variable medida, la integral del error puede generar inestabilidad. A continuación, se incluye un diagrama de bloques del controlador:

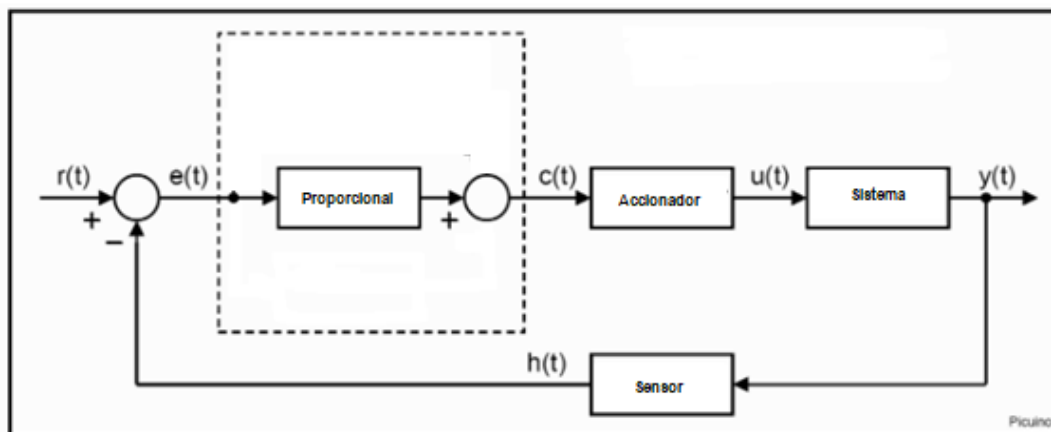


Figura N° 15: Diagrama de bloques del controlador elegido.

La señal $r(t)$ corresponde al set point, cuyo valor se explicó previamente. La señal $e(t)$ es la señal de error que se obtiene de comparar el set point con la señal correspondiente a la variable leída en el proceso, $y(t)$. $C(t)$ es la señal enviada por el controlador al elemento final de control que en este caso será una válvula neumática y, por último, $u(t)$ es la señal neumática que hará mover a la válvula a través de su actuador.

Este controlador está compuesto de un elemento que suministra una acción proporcional, esto significa que la acción de control es proporcional a la señal de error $e(t)$. Internamente la acción proporcional multiplica la señal de error por una constante K_p . Esta acción de control intenta minimizar el error del sistema. Cuando el error es grande, la acción de control es grande y tiende a minimizar este error. Aumentar la acción proporcional K_p tiene los siguientes efectos:

- Aumenta la velocidad de respuesta del sistema.
- Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
- Aumenta la inestabilidad del sistema.

Los dos primeros efectos son positivos y deseables. El último efecto es negativo y hay que intentar minimizarlo. Por lo tanto, al aumentar la acción proporcional existe un punto de equilibrio en el que se consigue suficiente rapidez de respuesta del sistema y reducción del error, sin que el sistema sea demasiado inestable. Aumentar la acción proporcional más allá de este punto producirá una inestabilidad indeseable. Reducir la acción proporcional, reducirá la velocidad de respuesta del sistema y aumentará su error permanente.

El controlador elegido es de la marca Bürkert serie 8611. El mismo puede conectarse a cualquier válvula reguladora y puede trabajar con señales de entre 4 y 20 mA, además está diseñado con acción PI lo cual se ajusta perfectamente a los requerimientos de nuestro proceso.



Figura N° 16: Controlador Bürkert serie 8611.

Entre el controlador y el elemento final de control que será una válvula neumática, es necesario instalar un posicionador. Un posicionador de válvula es básicamente un dispositivo que mide tanto la señal de un instrumento (controlador) como la posición del vástago de una válvula. Su función principal es la de asegurar que la posición de este vástago corresponda a la señal de salida del controlador o regulador.

Los posicionadores se pueden dividir neumáticos y electroneumáticos. Al ser en nuestro caso un controlador del tipo electrónico, el mismo emitirá una señal de corriente eléctrica en mA que luego debe ser transmitida al elemento final de control. Dado que se piensa utilizar una válvula de control neumática, se necesita de un posicionador electroneumático. Básicamente, consisten en una combinación de un convertor de corriente a presión (I/P) y un posicionador. Es un dispositivo de balance de fuerzas y se puede utilizar con acción directa o acción inversa.

3.5.2. Elemento final de control

El elemento final de control será una válvula de control con actuador neumático de diafragma. Dado que la misma tiene la función de regular el caudal que sale del tanque de etanol hacia el reactor, ante una falta en el suministro de aire lo recomendable será que se interrumpa el flujo para evitar que ingrese más caudal que el debido en el reactor. Dado que el llenado del tanque es en forma discontinua por medio de un camión de suministro de etanol, al frenarse la salida de etanol del tanque no hay riesgo de que el mismo rebalse ya que no hay un suministro constante de etanol al tanque. Si esto sucede, el nivel se quedará fijo en un valor. Es por ello, que la válvula de control debe ser del tipo de falla cierra.

El tipo de falla ante el cual actúa una válvula depende de cómo ingrese el aire en el actuador siendo su acción directa (el aire empuja el sistema diafragma-resorte-vástago hacia abajo) o inversa (el aire empuja el sistema diafragma-resorte-vástago hacia arriba) y según el obturador de la válvula sea PDTO (“push down to open”) o PDTC (“push down to close”). En nuestro caso elegimos una válvula de control de la marca SEITA PRE-VENT tipo BR-11. La misma es del tipo PDTC y tiene un actuador reversible, el cual puede operar de forma directa o inversa según se requiera. Para ello no es necesario utilizar piezas adicionales, sino que se debe invertir la posición del diafragma a partir del mango (18) y las piezas espaciadoras (19). Dado que definimos que nuestra válvula sea de falla cierra, vamos a utilizar el actuador con acción inversa. Además, dentro de la provisión de la misma se puede incluir el posicionador electroneumático descrito anteriormente.

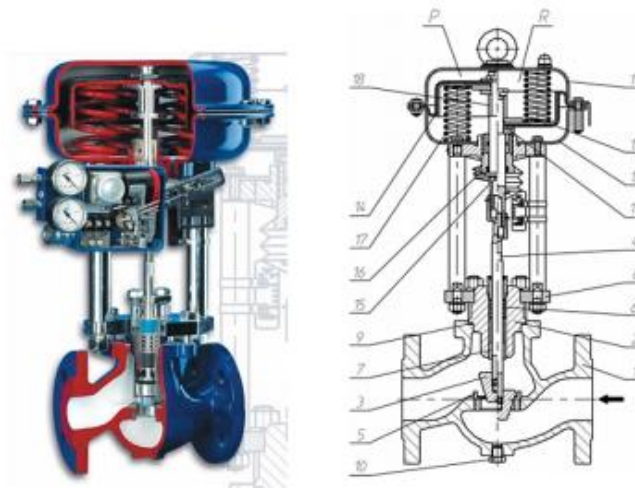


Figura N° 17: Esquema de la válvula de control.

Las referencias son las siguientes:

(1) Cuerpo, (2) bonete, (3) obturador, (4) vástago, (5) asiento de la válvula, (6) caja de empaquetado de vástago de válvula, (7) guía del vástago, (8) placa de conexión, (9) junta del cuerpo, (10) tapón de drenaje, (11) y (12) carcasa, (13) diafragma, (14) placa de diafragma, (15) vástago del actuador, (16) caja de empaquetado del actuador, (17) resortes, (18) mango y (19) piezas espaciadoras.

4. Bibliografía

- LORENZO CARBONELL. Placas de orificio, Cálculo y Diseño. Recuperado de: <https://lorenzocarbonell.com/placas-de-orificio-calculo-y-diseno/>.
- WIKA. Transmisor de presión diferencial modelo 891.34.2189. Recuperado de: https://www.wika.com.ar/upload/OI_DELTA_trans_es_6393.pdf.
- TESTO. El transmisor de presión diferencial y su funcionamiento. Recuperado de: <https://www.testo.com/es-AR/productos/transmisor-presion-diferencial>
- SPIRAX SARCO. Medidor de caudal de placa orificio y procesador con compensación de densidad. Placa Orificio. Recuperado de: <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/Capabilities/Pages/Examples-of-Typical-Solutions/flowmetering/orifice-plate/orifice-plate-flowmeter-and-flow-computer-with-density-compensation.aspx#components>.
- PICUINO. Controlador PID. Recuperado de: <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>.
- WIKA. Controlador PID para la regulación de caudales o de la presión diferencial, modelo A2G-100. Recuperado de: https://en.wika.com/upload/OI_A2G_100_es_it_90313.pdf.
- INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.NET. Los posicionadores de válvulas: conceptos claros y definitivos. Recuperado de: <https://instrumentacionycontrol.net/los-posicionadores-de-valvulas-conceptos-claros-y-definitivos/>.
- EMERSON. Tipos de controlador. Recuperado de: <https://www.asconumatics.eu/es/tecnologia-a-proporcional/tecnologia-de-control/tipos-de-controlador.html>.
- KROHNE. OPTISOUND 3010 - Transmisor de nivel ultrasónico para aplicaciones básicas. Recuperado de: <https://ar.krohne.com/es/productos/medida-de-nivel/transmisores-de-nivel/transmisores-de-nivel-ultrasonicos/optisound-3010/>.
- BVALVE. División de seguridad - Válvulas de alivio de presión vacío/alivio. Recuperado de: <http://www.bvalve.es/productos/valvulas-de-alivio-de-presion-vacio-alivio/>.
- SEITA. Control valve type BR 11. Recuperado de: http://www.seita.com.co/Descargas/Pre-Vent/Datasheet_BR11.pdf.
- SEITA. Válvulas de control. Recuperado de: <http://seita.com.co/valvulas-de-control-y-actuadores/valvulas-de-control/>.
- SAPIENSMAN. Actuadores de válvulas de control y posicionadores. Recuperado de: <http://www.sapiensman.com/neumatica/posicionadores.php>.
- INSTRUMENTACIÓN HOY. Neumática para válvulas de control. Recuperado de: <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2015/09/neumatica-valvulas-control.html>.
- PROTECTOSEAL. Venteo de presión de emergencia con boca de acceso. Recuperado de: <http://www.protectoseal.com/spanish/vaporFlame/series53300.cfm>.

- BÜRKERT. 8619 multiCELL - Multi-channel and multifunction transmitter/controller. Recuperado de: <https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS8619-multiCELL-EU-EN.pdf?id=DTS00000000000000001000130448ENP>.
- TECHLANDIA. ¿Qué es un transductor IP? Recuperado de: https://techlandia.com/transductor-ip-info_537556/.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo VIII: Servicios Auxiliares

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo.....	392
2. Vapor	392
3. Nitrógeno	393
4. Aire comprimido.....	395
5. Fluido térmico.....	397
6. Agua para de calderín.....	398
7. Gas natural	399
8. Electricidad y grupo electrógeno	400
9. Equipos de bombeo y válvulas	401
10. Aislamiento térmico de tuberías y accesorios	402
11. Bibliografía.....	405

Índice de Figuras

Figura N° 1: Catálogo del Calderín Acuotubular – Vaporex.....	392
Figura N° 2: Esquema del Calderín Acuotubular – Vaporex (izq.) y dimensiones (de.)	393
Figura N° 3: Diagrama de bloques de la instalación de nitrógeno.	393
Figura N° 4: Diagrama de bloques de la instalación de aire comprimido.....	395
Figura N° 5: Esquema del equipo de secado de aire comprimido.....	396
Figura N° 6: Esquema del calentador y dimensiones.....	398
Figura N° 7: Características del Generador – VTA 28 G5 – Sullair.....	400

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Características físicas del vapor utilizado para calentamiento y evaporación.....	392
Tabla N° 2: Especificaciones de los termos de nitrógeno líquido.....	394
Tabla N° 3: Catálogo del Evaporador – E150A.	394
Tabla N° 4: Consumo de aire comprimido de las válvulas de control y seguridad.....	395
Tabla N° 5: Especificaciones del Compresor ES 6.....	395
Tabla N° 6: Catálogo del Equipo de Calentamiento del Fluido Dowtherm RP.....	397
Tabla N° 7: Valores de Potencia para el generador.....	400
Tabla N° 8: Características del Generador utilizado.....	401
Tabla N° 9: Tabla de Aislantes utilizados.....	404

1. Objetivo

En este capítulo se desarrollarán el diseño y la especificación de los equipos y fluidos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo anteriormente detallado.

2. Vapor

El vapor se utilizará en la etapa de pre-tratamiento de lignina como medio de calentamiento para el reactor y en los dos evaporadores de etanol. Las condiciones operativas son las siguientes:

Proceso	Consumo [kg/h]	Volumen específico [m ³ /kg]	Consumo [m ³ /h]	Presión [bar]	Temperatura [°C]	Condición	Consumo térmico [kcal/h]
Pre-tratamiento y evaporadores	873,37	0,3817	333,4	5	152	Saturado	440.353,1

Tabla N° 1: Características físicas del vapor utilizado para calentamiento y evaporación.

Dado que el consumo de vapor es bajo, optamos usar como equipo para su generación un calderín acuotubular de la marca Vaporex con capacidades que van de 100 a 3500 kg/h. Los modelos de serie son aptos para presiones de servicio hasta 10 kg/cm² (9,81 bar), por lo tanto, podemos cubrir nuestro requerimiento de vapor saturado a 5 bar. El bajo contenido de agua elimina todo riesgo de explosión, permitiendo así su instalación en cualquier lugar y cerca de la utilización del vapor.

A continuación, se observan las especificaciones del equipo y el modelo elegido:

Producción vapor 600 kcal/h kg/h	Capacidad Calórica kcal/h	Consumo de gas oil kg/h	Consumo de gas natural m ³ /h	Motor quemador HP	Motor bomba agua HP	Contenido de agua Lts.	Peso kg	MODELOS
100	60.000	7,5	8,5	0,5	0,34	7,7	225	100
300	180.000	22,5	25,5	0,75	0,5	23	370	300
600	360.000	44	50	1,5	0,75	55	800	600
1000	600.000	73	83	3	1,5	115	1.250	1000
1500	900.000	108	123	4	2	190	1.650	1500
2000	1.200.000	145	163	5,5	3	277	2.100	2000
2500	1.500.000	179	202	5,5	3	351	2.800	2500
3500	2.100.000	250	281	10	5,5	543	4.000	3500

Figura N° 1: Catálogo del Calderín Acuotubular – Vaporex.

Dado que el consumo es de aproximadamente 880 kg/h de vapor, elegimos el modelo capaz de producir hasta 1.000 kg/h.

A continuación, se incluye también un esquema del equipo y las dimensiones del mismo:

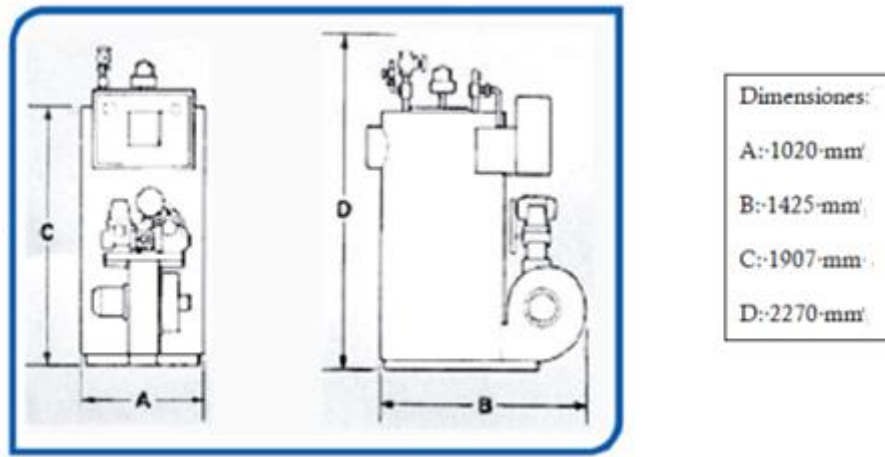


Figura N° 2: Esquema del Calderín Acuotubular – Vaporex (izq.) y dimensiones (de.).

3. Nitrógeno

En nuestro proceso se utilizará nitrógeno en el reactor de deslignificación y en el tanque de enfriamiento, posterior a dicho reactor. El objetivo del nitrógeno será por un lado generar una atmósfera inerte por el uso del etanol y presurizar el mismo hasta llegar a los 13 bares de presión, a la que debe operar el proceso. Posteriormente, el fluido de proceso será dirigido al tanque de enfriamiento que también estará presurizado con nitrógeno con el fin de mantener la atmósfera inerte y evitar que el fluido se despresurice y el etanol se vaporice.

A continuación, se indica el diagrama de bloques de la instalación de nitrógeno:



Figura N° 3: Diagrama de bloques de la instalación de nitrógeno.

Dado a que el uso del nitrógeno para presurizar los tanques será de carácter eventual, la provisión de nitrógeno será a partir de termos de nitrógeno líquido, los cuales estarán conectados a una batería y posteriormente a un intercambiador de calor que lo evaporará. Posteriormente, se dirigirá el gas hacia una válvula reductora de presión que disminuirá la presión a 13 bar y presurizará los tanques. Esta operación se realizará en la puesta en marcha inicial y luego de las paradas de planta ya que en la operación normal no se requiere provisión continua de nitrógeno.

Para el llenado de los tanques se requiere una cantidad total de 100 kg de nitrógeno que equivalen aproximadamente a 9 m³ de nitrógeno gaseoso a 13 bar.

TERMS								
Tamaño	Especificación DOT	Contenido			Peso Vacío	Dimensiones		Evaporación Diaria
		M ³	Kg	L		Alto	Diámetro	
176	4-L200 baja	103	119.7 ± 0.3	148.0	113 kg	1.52 m	0.51 m	1.5 %
196	4-L200 baja	114	133.9 ± 0.3	165.6	116 kg	1.61 m	0.51 m	1.3 %
176	4-L200	112	133.9 ± 0.3	165.6	113 kg	1.52 m	0.51 m	1.5 %
196	4-L200	124	145.8 ± 0.3	180.3	116 kg	1.61 m	0.51 m	1.3 %

Nota: El Nitrógeno líquido (termo) corresponde a Grado 5.0

Tabla N° 2: Especificaciones de los termos de nitrógeno líquido.

Para las operaciones de llenado de los tanques con nitrógeno se tendrán dos termos de nitrógeno líquido de tamaño 176 (119,7 kg) de los cuales uno se utilizará para el proceso y el segundo será de reserva. Luego se tendrá un termo solo de tamaño 176 para control de la operación normal.

Para evaporar el nitrógeno se utilizará un evaporador ambiental de baja presión que opera a aproximadamente 24 bar, la presión será posteriormente reducida para presurizar los tanques. Considerando un tiempo de llenado del tanque de 30 minutos en la puesta en marcha, se obtiene un caudal total de nitrógeno de 155 Nm³/h. Se selecciona para ello el evaporador modelo E150A.

Modelo	Capacidad		Configuración	Dimensiones (mts)			PESO Kgs.
	O ₂ /N ₂ (Nm ³ /h)	Prop. (Kgs/h)		x	y	z	
E12A	12,5	14	4 velas de 1 mts en configuración de 24 x 1	1000	250	1400	24
E50A	50	55	4 velas de 3 mts en configuración de 2 x 2	500	500	3800	73
E75A	75	82	6 velas de 3 mts en configuración de 3 x 2	750	500	3800	120
E100A	100	110	8 velas de 3 mts en configuración de 4 x 2	1150	500	3800	156
E150A	150	165	12 velas de 3 mts en configuración de 4 x 3	1150	750	3800	226
E200A	200	220	16 velas de 3 mts en configuración de 4 x 4	1150	1000	3800	300
E250A	250	275	16 velas de 4 mts en configuración de 4 x 4	1150	1000	4800	380
E500A	500	550	30 velas de 4 mts en configuración de 6 x 5	1800	1500	4800	650
E800A	800	880	48 velas de 4 mts en configuración de 6 x 8	1800	2445	4800	1240
E1000A	1000	1100	48 velas de 5 mts en configuración de 6 x 8	1800	2445	5800	1550
E1500A	1500	1650	64 velas de 6 mts en configuración de 8 x 8	2445	2445	6800	2050

Tabla N° 4: Catálogo del Evaporador – E150A.

4. Aire comprimido

El aire comprimido en planta se utiliza en el accionamiento de las válvulas neumáticas de control y para uso del sector de Mantenimiento.

Toda instalación de aire comprimido consta fundamentalmente de 4 partes: generación, acumulación, distribución por red y alimentación de equipos. El diagrama de bloques de la instalación es el siguiente:



Figura N° 4: Diagrama de bloques de la instalación de aire comprimido.

Dado que el consumo de aire será principalmente para válvulas de seguridad y control, se calculó el mismo de la forma siguiente. Se estimaron dos válvulas de seguridad y una de control por equipo. Luego, junto con los consumos bases de cada tipo de válvula y la simultaneidad de cada una se obtuvo el consumo total de aire comprimido:

Ítem	Consumo base [Nm ³ /h]	Cantidad	Simultaneidad	Consumo total base [Nm ³ /h]
Válvulas de control	1	16	0,8	12,8
Válvulas de seguridad on-off	0,2	17	0,2	0,68
Consumo total [Nm³/h]				13,48

Tabla N° 5: Consumo de aire comprimido de las válvulas de control y seguridad.

Considerando un 50% extra de capacidad para el compresor, se obtiene un consumo de 20,2 Nm³/h que corresponden a 0,337 Nm³/min. Finalmente, para cubrir dicho consumo, se selecciona un equipo con las siguientes características:

Marca	Sullair
Modelo	Línea ES 6 - 10,0 L
Potencia motor [HP]	10
Caudal [m ³ /min]	1,11
Presión de operación [kgf/cm ²]	7
Largo [m]	1321
Alto [m]	660
Ancho [m]	787

Tabla N° 6: Especificaciones del Compresor ES 6.

Posteriormente, el almacenaje del aire comprimido se realiza en un tanque pulmón construido respetando las pautas del código ASME – Sección VIII.

Para estimar el dimensionamiento de este tanque, puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\sqrt[3]{C_{comp}}}{\Delta P}$$

Donde C_{comp} es la capacidad del compresor en m^3/min y ΔP la diferencia de presión aceptable en los puntos de consumo, que como se mencionó anteriormente es de 1 bar. Por lo tanto, el volumen del tanque de almacenamiento de aire comprimido es:

$$V = 1,04m^3$$

Se le adiciona al sistema de aire comprimido, un filtro para eliminar partículas y posibles gotas de aceite, y posteriormente un módulo de acondicionamiento de punto de rocío ($-20^{\circ}C$) para poder emplear el aire en el sistema de instrumentación. Este módulo consta de un desecador de adsorción cuyo principio de funcionamiento consta de un proceso químico de separación de condensado obtenido a través de material higroscópico y fisiológicamente inofensivo, permitiendo llegar a un punto de rocío de $-20^{\circ}C$, $-40^{\circ}C$ y $-70^{\circ}C$.

Dos columnas que contienen el adsorbente son alternativamente atravesadas por el aire comprimido. Mientras que una columna retiene la humedad contenida en el aire comprimido que se seca, se lleva a cabo la regeneración de la otra columna mediante la explotación de una menor cantidad de aire ya seco. Este ciclo garantiza un punto de rocío constante y la máxima eficiencia del desecante en términos de duración (800 horas), incluso en condiciones difíciles.

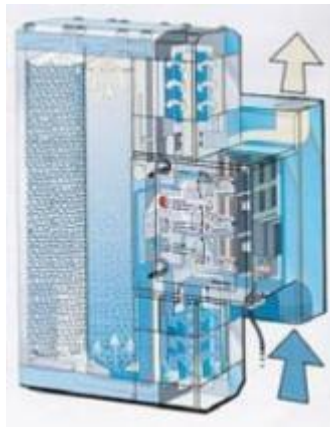


Figura N° 5: Esquema del equipo de secado de aire comprimido.

5. Fluido térmico

Para la etapa de deslignificación, es necesario calentar el reactor hasta los 160°C. Para ello, se utilizará como medio de calentamiento el fluido térmico Dowtherm RP que puede ser utilizado a una temperatura máxima de 350°C. El mismo circulará por la camisa de media caña y será bombeado y calentado a través de un sistema de calentamiento de fluido térmico de la marca Thermopack. El equipo consta de una caldera monotubular especialmente estudiada para obtener una alta velocidad de circulación y un gran poder de intercambio calorífico. Además, no está sujeto a la reglamentación sobre aparatos sometidos a presión. Puesto que el circuito de utilización no opera a presión, los intercambiadores son de construcción simple, liviana y por consiguiente poco costosa, especialmente si los líquidos que se han de calentar necesitan el empleo de metales especiales.

Dado que tenemos un consumo térmico de 234869,12 kcal/h, se selecciona por catálogo el siguiente equipo:

ESPECIFICACIONES						
Capacidad calorífica neta 1000 Kcal/h	Contenido del fluido Lts	Consumo de fuel oil Lts/h	Consumo de gas natural m3/h	Aliment. gas oil O mm	Aliment. gas natural O mm	MODELOS
70	11	10,3	10	13	25	70
200	30	27,5	28	13	32	200
400	71	55	55	13	38	400
600	117	82,4	82	19	50	600
1.000	286	137	137	19	63	1.000
1.500	465	204	205	25	63	1.500
2.000	630	272	273	25	76	2.000
2.500	1.102	340	342	25	76	2.500
3.000	1.390	408	402	25	76	3.000
4.000	1.888	543	535	25	100	4.000
5.000	2.135	679	670	32	100	5.000
6.000	3.130	815	803	38	100	6.000

Tabla N° 7: Catálogo del Equipo de Calentamiento del Fluido Dowtherm RP.

La instalación consta, además de la caldera para calentamiento del fluido, tanque para reposición de fluido ante pérdidas propias de la operación, y una bomba de recirculación para su ingreso al proceso. Cuenta con dispositivos simples y resistentes que le permiten trabajar con automatismo total. Se lo puede poner en funcionamiento a distancia y puede funcionar sin vigilancia. Respecto a la seguridad, se controla la velocidad de circulación del fluido a lo largo de todas las paredes calentadas lo que permite un funcionamiento prolongado sin el menor riesgo de descomposición del fluido. Por otra parte, aparatos fail-safe controlan la circulación y la temperatura del fluido.

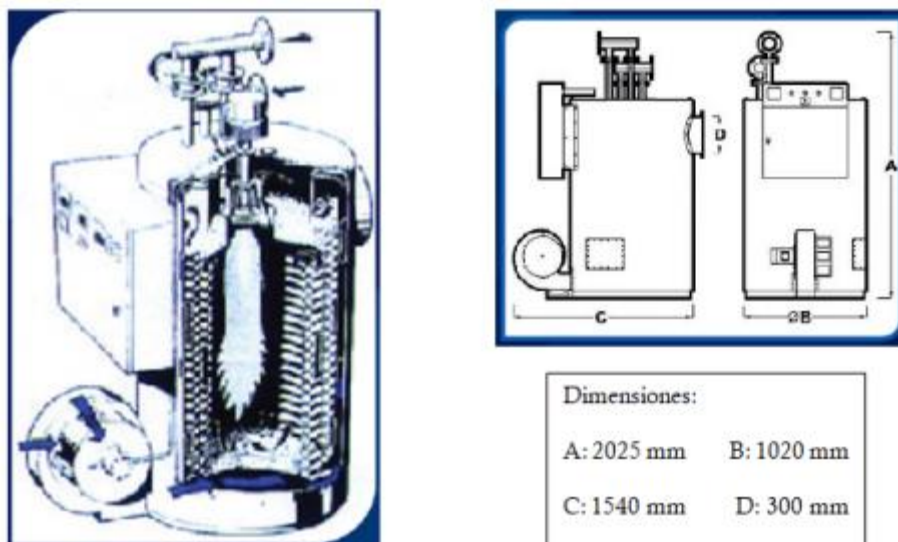


Figura N° 6: Esquema del calentador y dimensiones.

6. Agua para de calderín

El agua utilizada para el calderín será previamente tratada para evitar problemas de corrosión o incrustaciones. Se recomienda que la alcalinidad total expresada en mg CaCO_3/L sea menor a 350 para el caso de calderas que operan en presiones del rango 0-15 bar.

Para ello se utilizará un sistema de intercambio iónico con resinas catiónicas en conjunto con inhibidores químicos del crecimiento microbiológico.

Mediante el proceso de intercambio iónico, los iones disueltos en el agua se intercambiarán por otros de carga similar que permitan disminuir el valor de alcalinidad.

Ciertos compuestos insolubles tienen la propiedad de fijar los iones alcalinotérreos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc) sustituyéndolos por iones de sodio, como el caso de las zeolitas. Cuando se hace pasar en agua por un lecho de estos intercambiadores de iones de sodio, las sales alcalinotérreas que contiene el agua se convierten en sales de sodio.

El lecho permutante se hace cada vez menos activo a medida que el contenido en calcio y magnesio del intercambiador aumenta. En estas instancias, luego de ablandado cierto volumen de agua, es necesario proceder a una regeneración que se efectúa por el paso de una solución de cloruro sódico a través del lecho de intercambio.

Después del tratamiento, la resina regenerada recupera su actividad inicial y el ciclo puede volver a repetirse. Actualmente los ablandadores se construyen de Poliéster Reforzado de Fibra de Vidrio (PRFV) con recubrimiento interno de polietileno, que lo vuelve resistente a la corrosión por el cloruro de sodio y a la presión. Luego en su interior contienen el lecho de resina.

Los dispositivos de control varían, para asegurar y verificar la secuencia de trabajo, es decir, ablandamiento, contra-lavado regeneración, lavado final, etc. sea por control manual, automático o semiautomático.

El equipo cuenta también con un recipiente (tanque salero), en el cual se disuelve la solución concentrada de cloruro de sodio necesaria para la regeneración.

Las etapas del proceso de ablandamiento son:

- 1) Durante una primera fase, el agua atraviesa el lecho de resina, donde pierde sus iones de calcio y magnesio, sustituyéndolos por iones de sodio.
- 2) Cuando la resina está saturada, se favorece su desbloqueo por una corriente de agua a fin de facilitar la regeneración.
- 3) En esta tercera etapa, se hace pasar lentamente la salmuera a través del lecho de resinas, se obtiene una solución salina de sales de calcio y magnesio, y la resina se encuentra nuevamente cargada de sodio.
- 4) En una cuarta etapa, un lavado permite eliminar la salmuera remanente en el lecho y deja el aparato preparado para un nuevo ciclo.

Los equipos automáticos realizan estas operaciones en forma autónoma, calibrando el periodo entre regeneraciones por tiempo o en forma volumétrica (a través de un meter incorporado). De esta manera se optimiza al máximo el consumo de sal y funcionamiento del equipo.

Los Ablandadores de Agua Automáticos se presentan de simple columna o tipo twin (doble columnas de resina). En este segundo caso, mientras una columna brinda agua ablandada, la otra se regenera. De esta manera se asegura una prestación continua las 24 hrs de agua ablandada sin interrupción. La calibración entre regeneraciones de cada una de las dos columnas se hará para estos últimos equipos también en forma automática y alternativa a través de una calibración volumétrica, por intermedio del meter que contiene el cabezal twin.

7. Gas natural

Se utilizará gas natural como combustible para el calderín y el calentador de fluido térmico, además de consumos menores en el laboratorio y el comedor.

Los consumos serán 55 m³/h para el calentador y 83 m³/h para la caldera. La provisión de gas natural será por parte de la red de gas del parque.

8. Electricidad y grupo electrógeno

El servicio de electricidad será provisto por la red eléctrica del parque.

Para asegurar la continuidad en la provisión de energía eléctrica, se considera la instalación de un grupo electrógeno en caso de posibles problemas en la red de distribución de la electricidad. Con este equipo se busca garantizar el funcionamiento de los sistemas de control y de seguridad, así como la iluminación. Dado que las válvulas de control y seguridad son neumáticas, se utiliza como criterio para dimensionar el generador de emergencia, la potencia que requiere el compresor de aire. De modo que, ante una falla de energía eléctrica, el compresor se mantiene en funcionamiento permitiendo actuar a las válvulas de seguridad y llevando al proceso a una condición segura.

Considerando la potencia requerida por el compresor, la iluminación y considerando un coseno phi de 0,8, el cálculo arroja los siguientes resultados:

Potencia del compresor aire [kW]	7,5
Potencia requerida para la iluminación [kW]	0,4
Suma [kW]	7,9
Coseno phi adoptado	0,8
Potencia requerida [kVA]	10

Tabla N° 8: Valores de Potencia para el generador.

Dado que el generador será usado en situaciones puntuales de emergencia ante una falla de suministro eléctrico, no es necesario considerar un sobredimensionamiento. Por lo tanto, elegimos un equipo de la marca Sullair equipado con un motor de 2,5 litros de cilindrada, de 3 cilindros en línea, cuatro tiempos, turboalimentado. Las características básicas del mismo se resumen a continuación:

Cilindrada	2,5 lt
Peso	907 kg
Largo	2,08 m
Alto	1,45 m
Ancho	0,99 m

Figura N° 7: Características del Generador – VTA 28 G5 – Sullair.

Luego, el consumo específico de combustible de generadores de cuatro tiempos varía de 0,29 a 0,33 litros por CV y hora. A su vez, considerando un tanque de reserva de combustible de 150 l, que es parte de la provisión del equipo, el tiempo de autonomía del mismo es:

Potencia generador [kVA]	Potencia generador [CV]	Consumo específico de combustible [L/CV.h]	Consumo de combustible [L/h]	Tiempo de autonomía [h]
22	29,9	0,33	9,9	15,2

Tabla N° 9: Características del Generador utilizado.

9. Equipos de bombeo y válvulas

Todas las bombas de la planta están duplicadas dispuestas en tuberías en paralelo para garantizar el funcionamiento en continuo del proceso en el caso de avería de alguna de ellas.

Cada rama va provista de un filtro en la succión, válvulas de corte para su aislamiento, una válvula anti retorno para proteger al equipo de una sobrepresión en la impulsión. Además, todas las bombas que no tienen un control directo sobre el nivel de succión disponen de enclavamientos de seguridad permitiendo su funcionamiento únicamente si se supera una consigna de nivel.

En cuanto a las válvulas, las empleadas en planta son las siguientes:

- Válvulas de retención: Utilizadas para mantener el flujo unidireccional.
- Válvulas de tres vías: Utilizada en la entrada del mezclador en línea (L-MD-01).
- Válvulas esféricas: Ideal para la descarga de sólidos en suspensión y fluidos viscosos, por lo que se utilizarán para el ingreso de glicerina a la extrusora, así como en las líneas de circulación de los fluidos de los tanques hacia las centrífugas.
- Válvulas de alivio: Se las emplea como válvulas de seguridad en los equipos sometidos a presión interna, como el reactor L-R-01, el reactor L-R-02, el tanque de enfriamiento L-TK-01 y las extrusoras ya que, si bien no operan a presión, pueden liberar gases debido a su alta temperatura. También se colocarán en el evaporador para el caso en que ascienda abruptamente la temperatura y se produzca mayor cantidad de gases de la esperada.
- Válvulas de asiento: Son utilizadas para la conexión de los elementos de medición en los equipos y líneas (válvula de control). Son automáticas, por lo que suelen ser el elemento final de un lazo de control.
- Válvulas globo: se utilizan como válvulas de control en las líneas de ácido sulfúrico, hidróxido de sodio y agua. También se utilizan en las salidas de líquido de las centrífugas.
- Válvulas de membrana: se utilizarán para control de caudal de sólidos, en el caso del almidón y de la cáscara de arroz.

Las válvulas de control van acompañadas de dos válvulas tipo compuerta para posibilitar su aislamiento del resto de la instalación en el caso de que sea necesario. Además, se instalan en paralelo con una válvula de globo manual para desviar el flujo cuando el control no esté operativo. Además, consta de drenaje para evacuar el fluido en caso de vaciado y limpieza. Se colocan válvulas anti retorno antes de las válvulas mezcladoras de tres vías para que no se produzcan retrocesos en mezcla de corrientes que se encuentran a diferente presión. Se realiza otra separación entre tipos de válvulas según el funcionamiento de éstas, el

cual puede ser manual o automático. Las válvulas manuales de todo o nada se usan para llevar a cabo el mantenimiento de equipos o parte de las instalaciones. Las válvulas manuales de regulación son utilizadas para regular el caudal en casos puntuales, como por ejemplo cambiar una válvula automática dañada. Las válvulas automáticas varían la posición del actuador automáticamente para conseguir ajustar las variables de operación en la manera deseada. La fuerza que actúa sobre la válvula es neumática.

10. Aislamiento térmico de tuberías y accesorios

El aislamiento térmico se define como la capacidad que tienen determinados materiales para oponerse a la transferencia de calor por conducción térmica. Es decir, es la capacidad de resistencia térmica que tienen los materiales. La necesidad de aislar en las instalaciones industriales se debe a varias razones, a saber:

- **Ahorro energético:** El objetivo es reducir la cantidad de energía necesaria para mantener el equilibrio del proceso y evitar el flujo de calor a través del material. Esto se consigue gracias a la instalación del aislamiento, reduciendo la pérdida de calor. El mismo reduce las pérdidas energéticas de tal modo que éstas pueden llegar a ser entre un 2 y 3% de las pérdidas energéticas sin aislamiento.
- **Temperatura superficial – Protección personal:** Si no existe aislamiento térmico suficiente, las temperaturas superficiales externas pueden ser elevadas y provocar lesiones y accidentes a las personas. En los procesos industriales, se recomienda una temperatura máxima superficial de 50°C.
- **Proceso:** En el proceso deben evitarse las transferencias térmicas que afecten el proceso por diferencias de temperaturas no admisibles. La estabilidad térmica se obtiene con el aislamiento.
- **Impacto medioambiental:** El aislamiento disminuye la cantidad de energía necesaria y por lo tanto, se reducen las emisiones de CO₂ dado que la mayoría de la energía se obtiene de la transformación de un combustible por reacción exotérmica con el O₂ ambiental.

El diseño de una aislación adecuada es esencial para poder garantizar el funcionamiento eficaz, la seguridad, la durabilidad y el impacto medioambiental de la instalación industrial.

Los criterios para seleccionar el sistema de aislación industrial son:

- **Exigencias funcionales:** Dimensiones de los elementos a aislar, temperaturas de trabajo, condiciones ambientales.
- **Seguridad:** Tanto de las personas como contra el fuego y las explosiones.
- **Optimización de costos:** Espesor óptimo de aislamiento.

El espesor óptimo de la aislación de las cañerías debe calcularse teniendo en cuenta el radio crítico, el cual se define como el radio de un aislante en el que la transferencia de calor es máxima o la resistencia del flujo de calor es muy baja, por lo que al colocar un material aislante se debe verificar que el radio externo

de este sea mayor al radio crítico o que el radio crítico sea menor al radio del exterior cilindro, para que cumpla debidamente con su propiedad de aislante.

El radio crítico de aislamiento está dado por:

$$r_{\text{crítico}} = \frac{k}{h}$$

Donde k es la conductividad térmica y h es el coeficiente de transferencia de energía térmica. El material aislante seleccionado es la lana mineral, el cual además de ser aislante térmico también es aislante acústico y de protección contra el fuego, constituido por un entrelazado multidireccional de filamentos obtenidos en proceso de fusión de materiales inorgánicos (arena, en el caso de la lana de vidrio) formando una estructura flexible y abierta, que contiene sólo aire inmóvil en su interior.

Además, en las líneas de solución de NaOH 50% donde el punto de congelamiento es de 12°C, se empleará tracing eléctrico para evitar la obstrucción de las cañerías. La base del sistema es una red metálica que está en contacto directo con la superficie de la tubería en cuestión. La red metálica, mediante la corriente eléctrica transmitida por los conductores, es capaz de superar una temperatura determinada entre las placas, manteniendo la línea calefaccionada.

A continuación se incluye un listado de las corrientes que deben estar aisladas y el material:

Corriente	Composición	Temperatura [°C]	Presión [bar]	Material aislante
PL-4	Ácido sulfúrico 0,1M, cáscara de arroz	100	5	Lana de vidrio
PL-5	Cáscara pre-tratada	100	5	Lana de vidrio
EL-5	Agua, ácido sulfúrico	100	5	Lana de vidrio
PL-6	Etanol, agua, cáscara pre-tratada, NaOH, celulosa	160	13	Lana de vidrio
PL-7	Etanol, agua, cáscara pre-tratada, NaOH, celulosa	60	13	Lana de vidrio
PL-8	Etanol, agua, cáscara pre-tratada, NaOH	60	12	Lana de vidrio
EL-8	Celulosa	60	12	Lana de vidrio
PL-9	Etanol	80	1	Lana de vidrio
PL-11	Agua, cáscara pre-tratada, NaOH	80	1	Lana de vidrio
PL-10	Etanol	60	1	Lana de vidrio
SA-1	Vapor saturado	152	5	Lana de vidrio
SA-2	Líquido saturado	152	5	Lana de vidrio
SA-3	Fluido Dowtherm RP	250	1	Lana de vidrio
SA-4	Fluido Dowtherm RP	200	1	Lana de vidrio
SA-5	NaOH 50%	AMB	1	Tracing eléctrico

Tabla N° 10: Tabla de Aislantes utilizados.

11. Bibliografía

- Itaire. (Sin fecha). Productos Fuido Térmico. Thermopac. Recuperado de: <https://itaire.com.ar/catalogo/fluido-termico/thermopac/4>.
- Sullair. (Sin fecha). Compresores de aire. Recuperado de: <https://www.sullairargentina.com/equipos/compresores-de-aire?motor=&caudal=05-a-25>.
- Inoxpla Ingeniería. (Sin fecha). Evaporadores ambientales baja presión. Recuperado de: <http://www.inoxplaingenieria.com.ar/index.php?pag=productos>.
- Indura. (Sin fecha). Especificación de gases. Recuperado de: http://www.indura.com.ar/content/storage/ar/producto/ID4418_file_975_nitrogeno_ficha_tecnica.pdf.
- Itaire. (Sin fecha). Productos Vapor. Vaporax. Recuperado de: <https://itaire.com.ar/catalogo/vapor.htm>.
- Sullair. (Sin fecha). Equipos Grupos electrógenos Diesel. Recuperado de: <https://www.sullairargentina.com/equipos/grupos-electrogenos/diesel/348/sullair-c22-d5>.
- CT Blog. (2019). Cómo calcular la potencia necesaria en un grupo electrógeno. Recuperado de: <https://www.comercturro.com/blog/construccion/como-calcular-la-potencia-que-necesitamos-en-un-grupo-electrogeno.html>.
- Cibernautica. (Sin fecha). Consumo real, máximo y medio. Recuperado de: <http://www.cibernautica.com.ar/temasutiles/economia/consreal.htm>.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo IX: Lay Out

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo	410
2. Características del terreno	410
3. Lay out	411
4. Zonas de la planta	416
4.1 Zona A: Proceso	416
4.1.1 Planta de proceso	416
4.2 Zona B: Almacenamiento	416
4.2.1 Depósito	416
4.3 Zona C: Tanques	417
4.3.1 Tanque de almacenamiento para NaOH	417
4.3.2 Tanque de almacenamiento de H ₂ SO ₄	417
4.3.3 Tanque de almacenamiento de glicerina	417
4.3.4 Tanque de Reserva de Agua	417
4.3.5 Tanque de Etanol	417
4.3.6 Tanque de Celulosa	417
4.3.7 Tanque de Efluentes	418
4.3.8 Tanque de Agua contra incendio:	418
4.4 Zona D: Sala de Control	418
4.5 Zona E: Mantenimiento	418
4.6 Zona F: Sala de Bombas	418
4.7 Zona G: Carga y Descarga	418
4.8 Zona H: Laboratorio de control de calidad	419
4.9 Zona I: Oficinas	419
4.10 Zona J: Comedor	419
4.11 Zona K: Vestuario y sanitarios	419
5. Dimensionamiento de zonas de proceso	420
5.1 Zona A	420

5.1.1 Proceso de almidón modificado.....	420
5.1.2 Proceso de obtención de lignina.....	420
5.1.3 Proceso de plastificación	421
6. Puestos de trabajo.....	421
6.1 Gerencia general.....	421
6.1.1 Gerencia de Recursos Humanos.....	421
6.1.2 Gerencia Comercial.....	421
6.1.3 Gerencia de Contabilidad y Finanzas	422
6.1.4 Gerencia de Gestión de Calidad y Medio Ambiente	422
6.1.5 Gerencia de Logística y Distribución.....	423
6.1.6 Gerencia de Producción.....	423
7. Organigrama.....	423
7.1 Descripción del organigrama	425
8. Diagrama de operaciones.....	426
9. Verificación de Valores de FOT – FOS y Factor de Ocupación:.....	429
10. Bibliografía.....	430

Índice de Figuras

Figura N° 1: Croquis del Parque Tecnológico del Litoral Centro y lotes elegidos.	410
Figura N° 2: Lay out general de la planta. Planta baja.	411
Figura N° 3: Lay out general de la planta. Planta alta.	412
Figura N° 4: Lay out general y la circulación en la planta.	413
Figura N° 5: Superficies y cotas del lay out. Planta baja.	413
Figura N° 6: Superficies y cotas del lay out. Planta alta.....	414
Figura N° 7: Flujo de proceso.....	414
Figura N° 8: Lay out con Equipos.	415
Figura N° 9: Zonas de la planta. Planta baja.....	416
Figura N° 10: Zonas de la Planta. Planta alta.	419

Figura N° 11: Organigrama de la Empresa. 424

Índice de Tablas

Tabla N°1: Dimensiones de los equipos del proceso de modificación de almidón. 420

Tabla N°2: Dimensiones de los equipos del proceso de obtención de lignina. 420

Tabla N°3: Dimensiones de los equipos del proceso de plastificación..... 421

Tabla N°4: Esquema de los empleados de la Planta. 428

1. Objetivo

Este capítulo tiene como principal objetivo la ubicación de las áreas de la planta en el terreno elegido dentro del Parque Tecnológico del Litoral Centro y la definición del organigrama de la empresa.

2. Características del terreno

De la macro y micro ubicación concluimos que nuestro emprendimiento estará ubicado en el **Parque Tecnológico del Litoral Centro** en la **Ciudad de Santa Fe**. Dentro del parque, decidimos elegir dos lotes ya que consideramos que individualmente eran de tamaño menor al requerido. Los mismos se pueden observar recuadrados en la siguiente imagen con las denominaciones C2 y C3:



Figura N°1: Croquis del Parque Tecnológico del Litoral Centro y lotes elegidos.

Las dimensiones de los lotes son 63 m x 79,4 m y la superficie total corresponde a 5.000 m².

Para el dimensionamiento de la planta se tendrán en cuenta los siguientes criterios a partir de la normativa de edificación de Santa Fe.

- **F.O.T.:** relación entre la superficie total construida y la superficie total del terreno, la que no podrá superar el valor de 2 (dos). Además, según el reglamento debe haber disponible al menos 15 m² por persona.
- **F.O.S.:** relación entre la superficie construida en planta baja y la superficie total del terreno. El FOS máximo permitido será de 0,80. El 20% restante deberá destinarse a espacios verdes, preferentemente en la forma de arbolado con césped. La forestación y parquización y su mantenimiento será responsabilidad de cada propietario.
- **Factor de Ocupación:** Superficie total del terreno sobre la cantidad de personas en la planta

3. Lay out

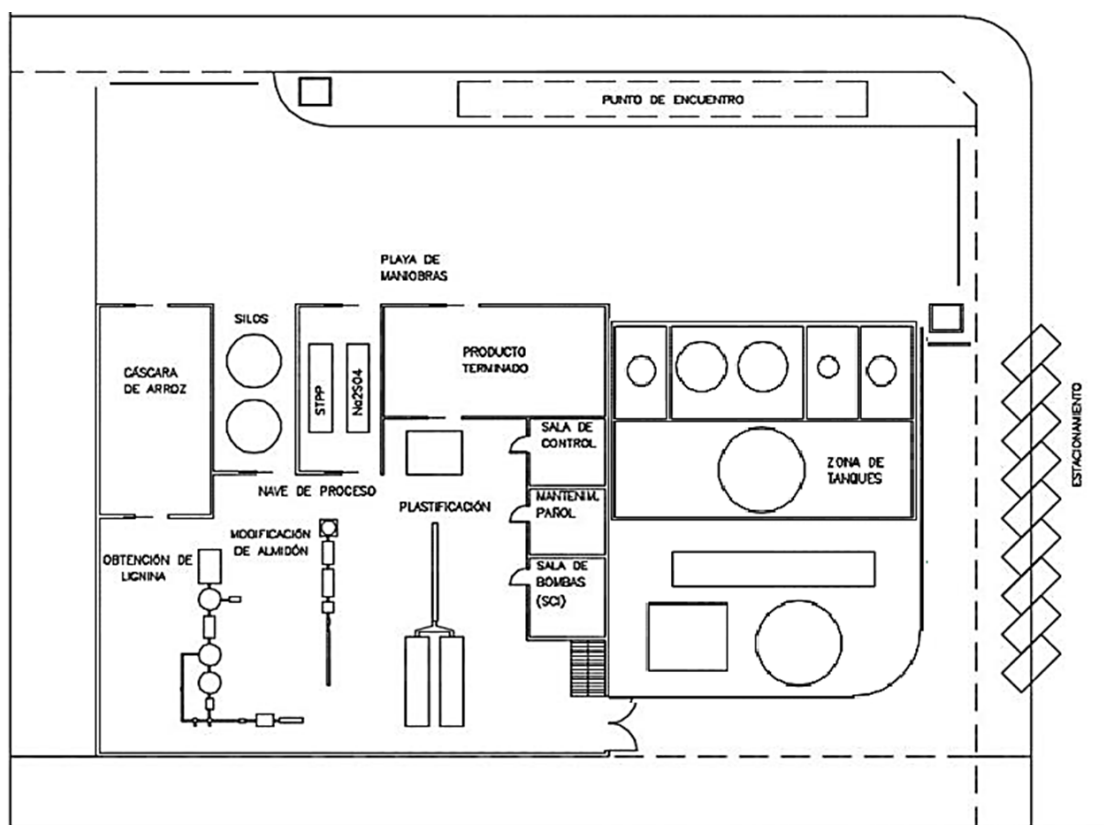


Figura N° 2: Lay out general de la planta. Planta baja.

En la Figura N° 2 se observa el lay out general de la planta. Este corresponde a la planta baja de la empresa, ya que además se va a contar con una planta alta.

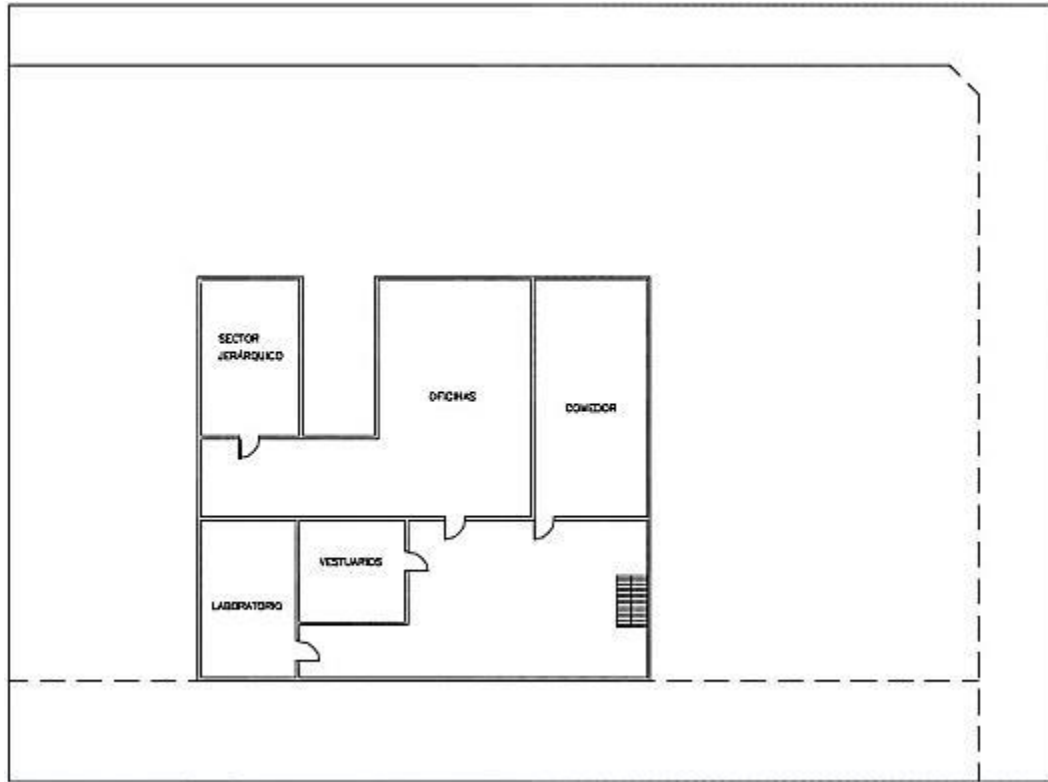


Figura N° 3: Lay out general de la planta. Planta alta.

El diseño del lay-out se basó en la consideración del acceso de los camiones para descargar la materia prima y para retirar el producto. Además, cada materia prima se corresponde con el proceso del cual forma parte en la nave de proceso.

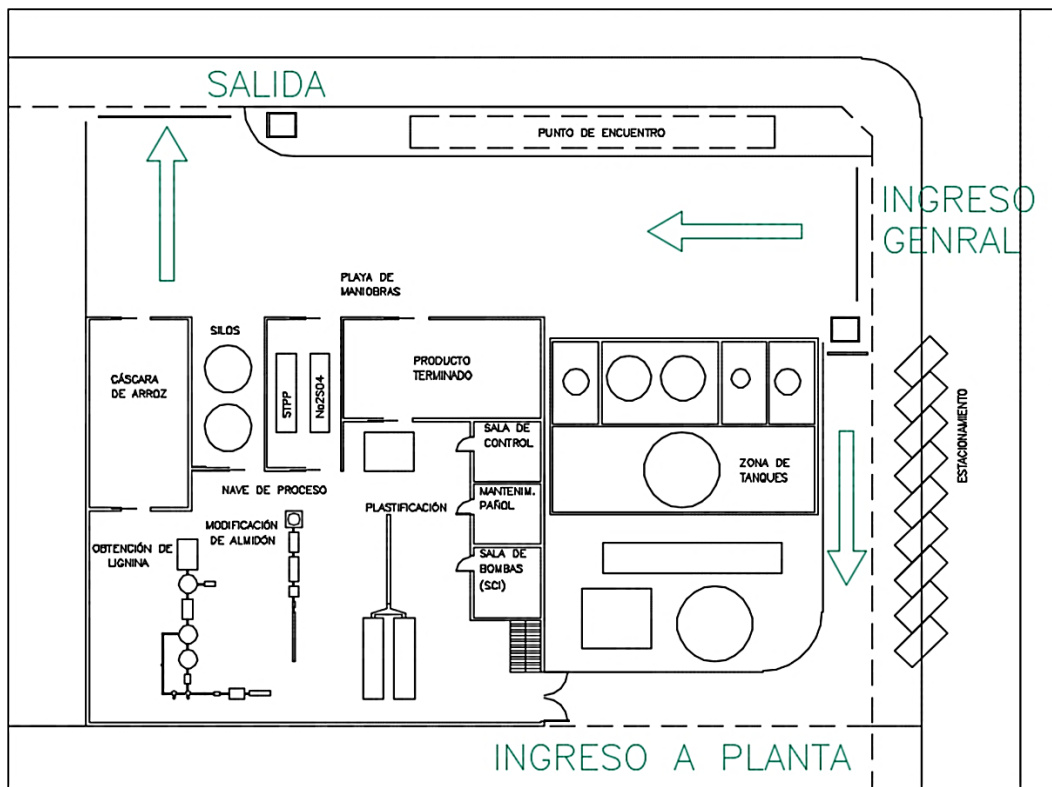


Figura N° 4: Lay out general y la circulación en la planta.

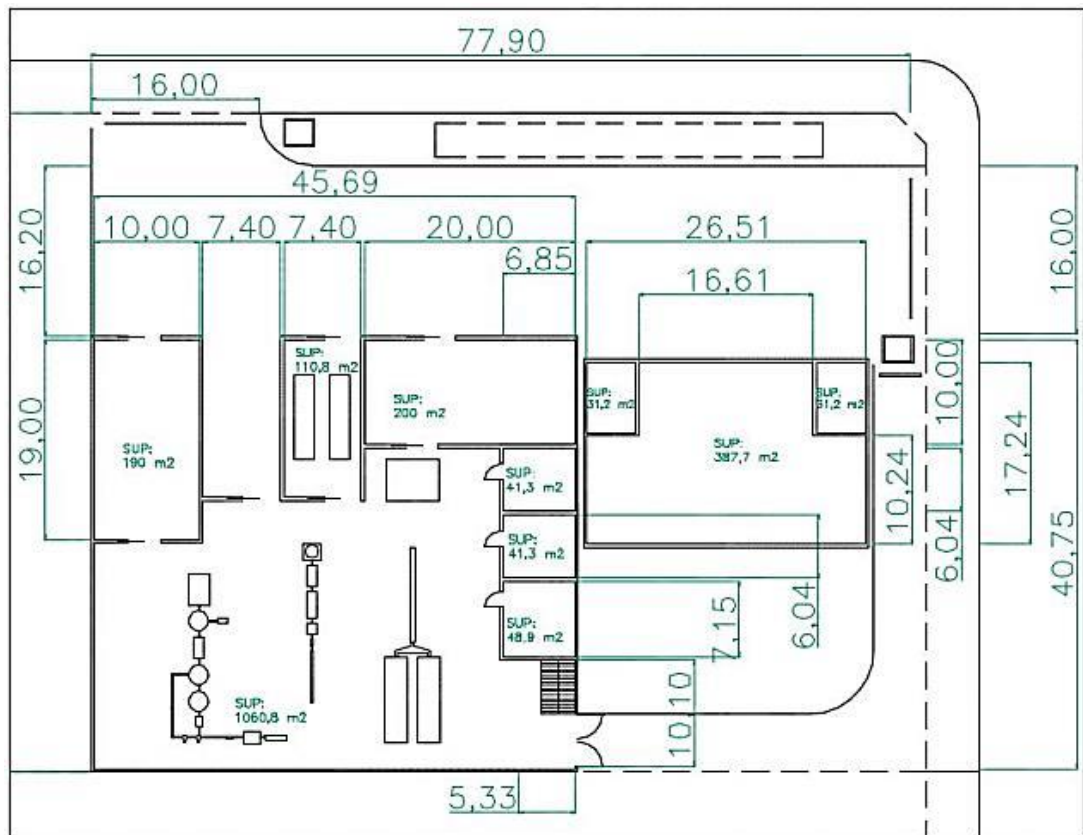


Figura N° 5: Superficies y cotas del lay out. Planta baja.

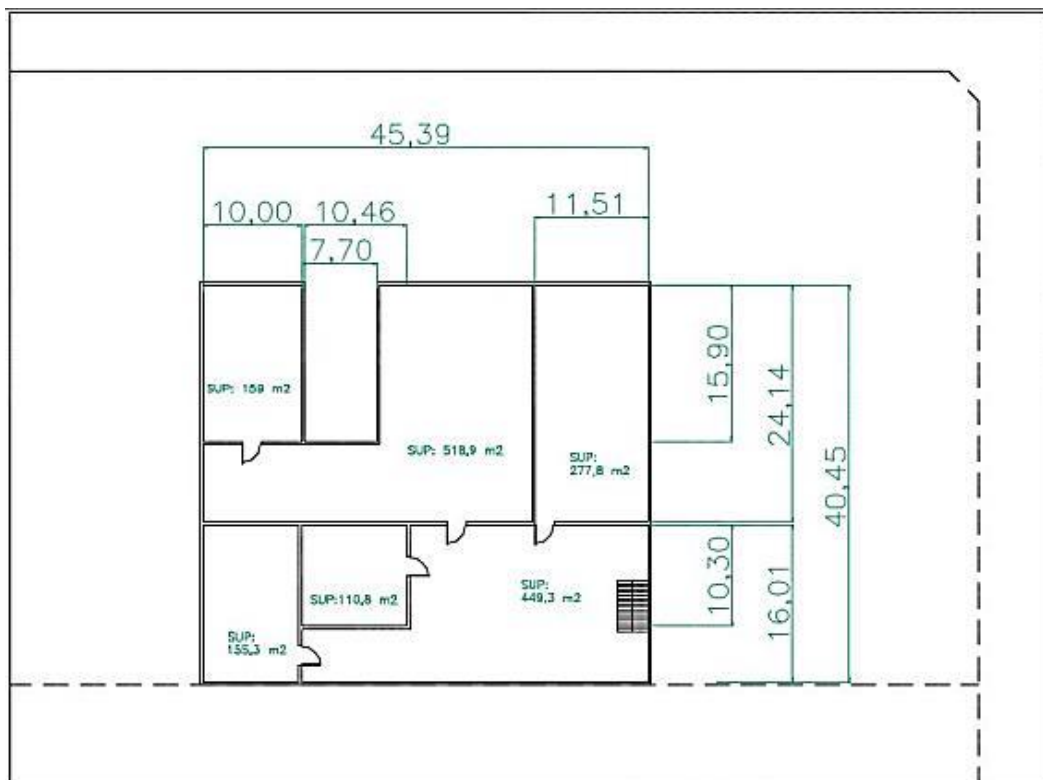


Figura N° 6: Superficies y cotas del lay out. Planta alta.

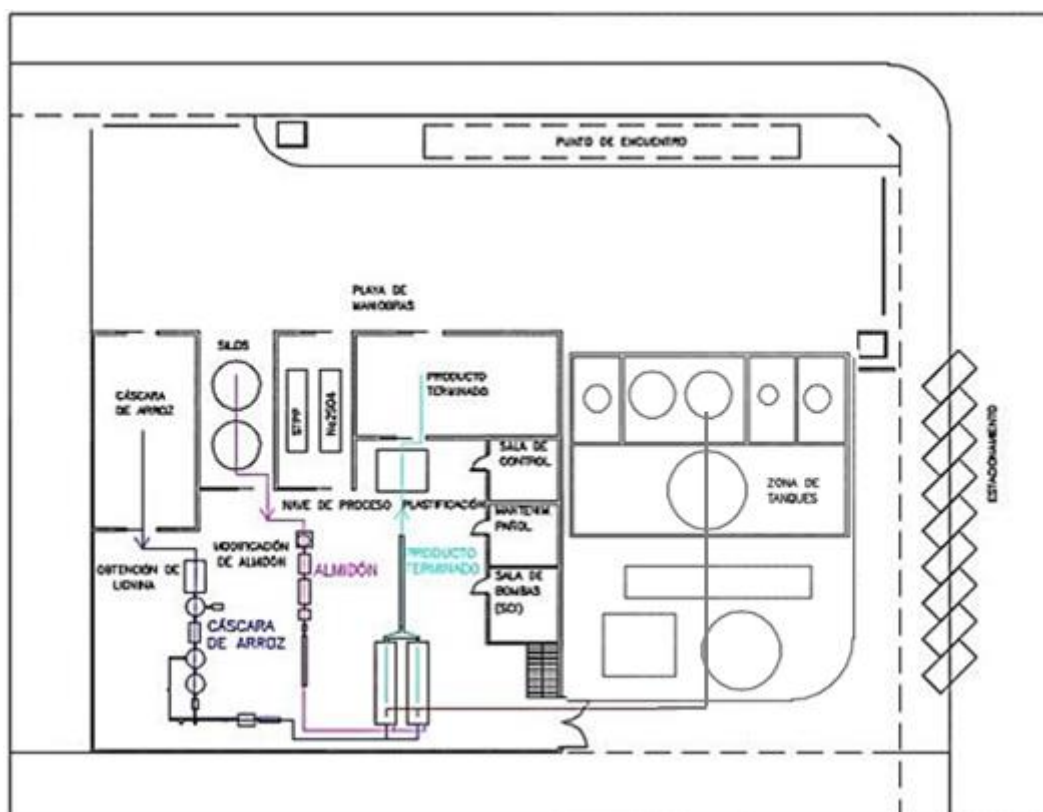


Figura N° 7: Flujo de proceso.

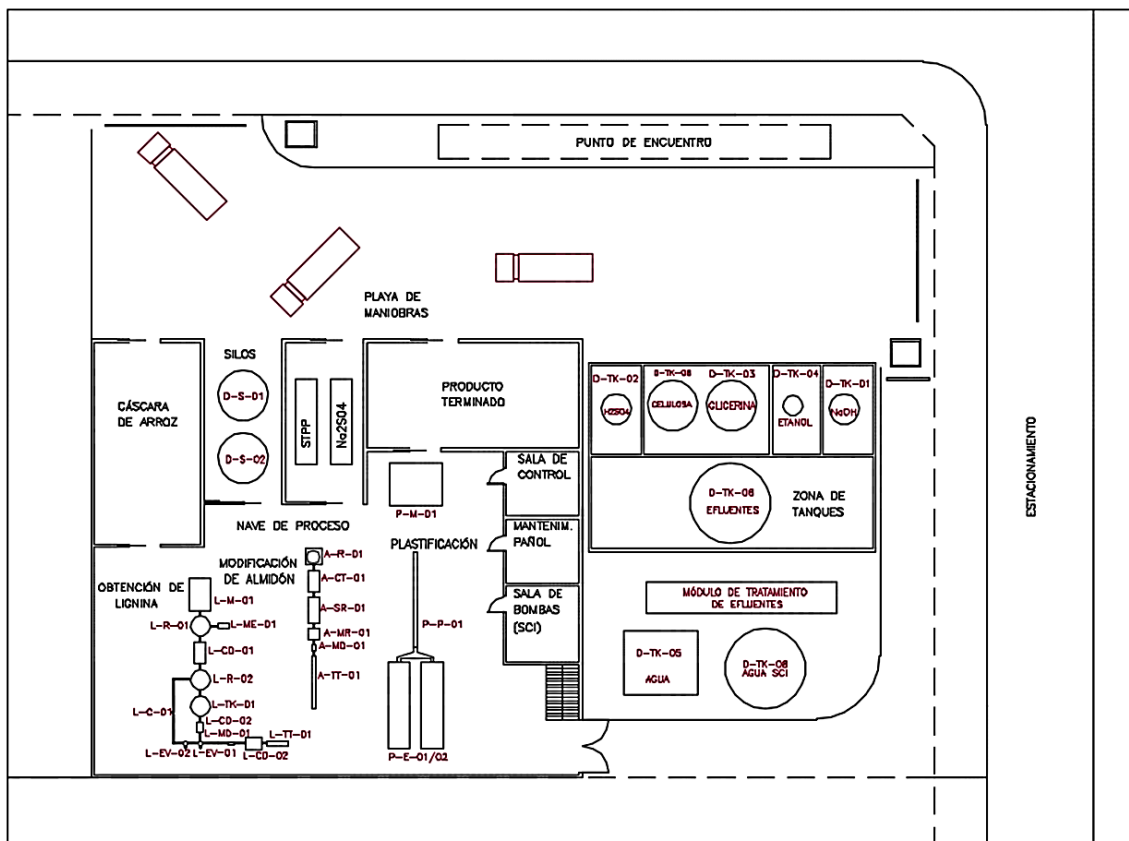


Figura N°8: Lay out con equipos.

4. Zonas de la planta

La planta se encontrará subdividida en zonas de acuerdo a las actividades que se realicen en cada una.

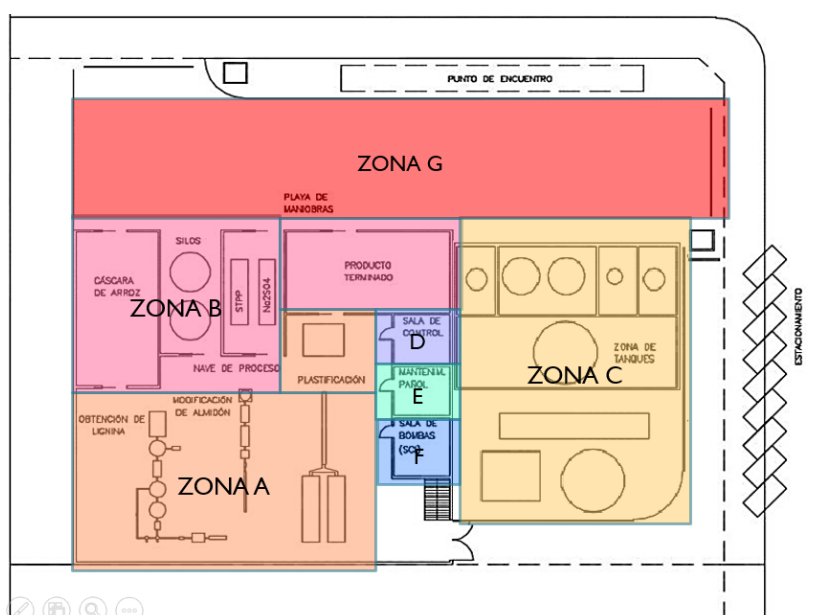


Figura N° 9: Zonas de la planta. Planta baja.

4.1 Zona A: Proceso

4.1.1. Planta de proceso

Dentro de esta zona incluiremos la nave donde se desarrollarán los procesos de modificación del almidón, obtención de lignina y extrusión del biopolímero. Dentro de esta zona incluiremos a todos los equipos relacionados al procesamiento de las materias primas, la obtención del producto final y servicios auxiliares asociados.

4.2. Zona B: Almacenamiento

4.2.1. Depósito

En esta zona se almacenarán la cáscara de arroz para 9 días de producción, cuyo volumen de almacenamiento es de 788 m³ y representa una superficie de 188 m². Estará almacenada en forma de pacas de 400 kg, con un largo de 2,2 m, un ancho de 0,8 m y una altura de 0,7 m.

Al lado de este, se encuentran dos silos de almidón con stock para 7 días de producción, cada uno de un volumen de 80 m³, con una altura total de 7 m y una superficie de 20 m².

Luego, el sulfato de sodio y el tripolifosfato de sodio (STPP) se encuentran en stock para abastecer a la planta por 7 días, ocupando un volumen de 160 m³ y van a estar almacenados en bolsas de 25 kg en pallets de 20 bolsas. Estas bolsas, se encuentran depositadas en dos racks de 16 m².

Por último, se destinará una parte de depósito al almacenaje del producto terminado, que se almacenará en bolsas con pellets de 50 kg, puestas en pallets de 20 bolsas cada uno. La capacidad de almacenamiento

de producto terminado está calculada para mantener el stock por 21 días y requiere una superficie de al menos 160 m².

4.3. Zona C: Tanques

Se contará con un recinto para la totalidad de los tanques exceptuando los que contienen agua. Para calcular el volumen del recinto, se utilizó el volumen del tanque de mayor tamaño (tanque de efluentes) con un exceso del 10%. Obteniéndose así, una altura de recinto de 1,2 m.

4.3.1. Tanque de almacenamiento para NaOH

Consistirá de un tanque de 19,34 m³ cuyas dimensiones serán: altura 3 m, diámetro 2,86 m. Cuyo volumen sirve para un stock de 25 días.

4.3.2. Tanque de almacenamiento de H₂SO₄

Consistirá de un tanque de 19,34 m³ cuyas dimensiones serán: altura 3 m, diámetro 2.86 m. Cuyo volumen sirve para un stock de 25 días.

4.3.3. Tanque de almacenamiento de glicerina

Consistirá de un tanque de 53,71 m³ cuyas dimensiones serán: altura 3 m, diámetro 4,77 m. Cuyo volumen sirve para un stock de 7 días.

4.3.4. Tanque de Reserva de Agua

Será un tanque de 420 m³ de sección rectangular, constituido por dos módulos cuyas dimensiones serán: altura 5 m, largo 7 m y ancho 6 m. Contará con el volumen suficiente para abastecer a todo el proceso con reserva para dos días. El tanque tendrá dos módulos para poder seguir operando ante necesidad de limpieza del tanque.

4.3.5. Tanque de Etanol

Consistirá de un tanque de 53,71 m³ cuyas dimensiones serán: altura 3 m, diámetro 4,77 m. Cuyo volumen sirve para un stock de 3 días.

4.3.6. Tanque de Celulosa

Consistirá en un tanque de 10 m³ cuyas dimensiones son de: altura 4,5 m, diámetro 1,91 m. Cuyo volumen sirve para un stock de 5 días.

4.3.7. Tanque de Efluentes

La zona contará con un tanque donde se recibirán todas las corrientes de efluentes de proceso para homogeneizar y ajustar el pH, que además funcionará como sedimentador para eliminar sólidos. Luego se dirigirá esta corriente hacia un módulo de tratamientos de efluentes ya diseñado.

El volumen del tanque de efluentes de 295 m³ con un diámetro de 7,6 m y una altura de 6,5 m.

4.3.8. Tanque de Agua contra incendio

Este tanque consiste en un depósito de agua para el sistema contra incendios. Con una reserva de 120 m³ de agua, un 7% de exceso para rociadores. Por lo tanto, el volumen es de 134,29 m³.

4.4. Zona D: Sala de Control

En esta zona, está centralizado el comando de control de la planta, a través del uso de tableros de control.

4.5. Zona E: Mantenimiento

Corresponderá al taller de mantenimiento y al pañol.

4.6. Zona F: Sala de Bombas

Contiene la motobomba, electrobomba y bomba jockey que forman parte del sistema de lucha activa contra incendio.

4.7. Zona G: Carga y Descarga

En esta zona se recibirán camiones para descarga de materia prima, así como carga del producto terminado para su distribución y comercialización. Deberá encontrarse cerca del depósito y cerca de la zona de silos y tanques de almacenamiento para minimizar las distancias de traslado de materia dentro de la planta, a modo de reducir costos y riesgos asociados. Además, la zona contará con balanzas a la entrada y a la salida para realizar el control de cargas.



Figura N°10: Zonas de la Planta. Planta alta.

4.8. Zona H: Laboratorio de control de calidad

En esta zona se realizarán análisis rutinarios al producto final y a la materia prima para verificar su calidad. La superficie total para el laboratorio es de aproximadamente 170 m².

4.9. Zona I: Oficinas

En esta zona se encontrarán todas las oficinas relativas a tareas administrativas y de ingeniería, así como el personal jerárquico. La superficie total es de aproximadamente 1.000 m².

4.10. Zona J: Comedor

El personal se rotará en varios turnos para almorzar y aprovechar la capacidad del comedor. La superficie es de 235 m².

4.11. Zona K: Vestuario y sanitarios

Este espacio se utilizará para el aseo y cambio de ropa del personal de la planta. Su superficie es de aproximadamente 35 m².

5. Dimensionamiento de zonas de proceso

5.1. Zona A

5.1.1. Proceso de almidón modificado

Los equipos involucrados en este proceso y el tamaño ocupado por los mismos se listan a continuación:

Equipo	Superficie ocupada [m ²]	Altura [m]
Reactor	1,60	1
Centrífuga	2	0,7
Secador y molino de rodillos	2,5	1,35
Molino de discos	1,1	1,5
Transportador de tornillo	1,4	N/A

Tabla N° 1: Dimensiones de los equipos del proceso de modificación de almidón.

Superficie total ocupada por los equipos: 8,6 m².

5.1.2. Proceso de obtención de lignina

Equipo	Superficie ocupada [m ²]	Altura [m]
Molino pulverizador	4	3
Mezclador en línea	0,015	N/A
Reactor de pre-tratamiento	2,86	1,5
Centrífuga de discos 1	1,77	1,545
Reactor de deslignificación	2,86	1,5
Tanque de enfriamiento	2,86	1,5
Centrífuga de discos 2	0,66	1
Evaporadores (verticales)	0,06	3,81
Condensador-subenfriador (vertical)	0,07	2,5
Mezclador en línea	0,17	0,5
Centrífuga de discos 3	1,76	1,64
Transportador de tornillo sin eje	1,52	N/A

Tabla N° 2: Dimensiones de los equipos del proceso de obtención de lignina.

- Superficie total ocupada por los equipos: 18,6 m².

5.1.3. Proceso de plastificación

Equipo	Superficie ocupada [m ²]	Altura [m]
Extrusoras (espacio total ocupado por las dos)	34,71	2,9
Pelletizadora	3,6	1
Empacadora	17,3	3,5

Tabla N° 3: Dimensiones de los equipos del proceso de plastificación.

- Superficie total ocupada por los equipos 38,3 m².

6. Puestos de trabajo

La planta productiva tendrá un régimen de operación de 330 días al año las 24 hs. Los 35 días restantes corresponderá a la parada de planta para realizar tareas de mantenimiento.

A continuación, se describen los sectores que conforman a la empresa, detallando los puestos, jerarquías y tareas a desarrollar.

6.1. Gerencia general

Su función principal es determinar los objetivos a nivel macro a alcanzar por la empresa y micro a nivel departamentos. Se encarga de supervisar y controlar que los mismos se cumplan y para ello asigna los recursos tanto humanos como capitales y materiales.

6.1.1. Gerencia de Recursos Humanos

Las tareas de este departamento son elaborar y controlar el proceso de reclutamiento y selección del personal, con el fin de incorporar a los candidatos más preparados para el puesto al cual aplican. Planificar programas de capacitación de empleados para cumplir con los planes de formación, desarrollo y actualización. Deberá garantizar la buena comunicación entre todos los niveles de la organización. Controlar los pasivos laborales como ser vacaciones, anticipos, entre otros. Dentro de esta gerencia, se encuentra un analista de recursos humanos.

6.1.2. Gerencia Comercial

Este departamento tiene la función de gestionar todas las compras necesarias para el funcionamiento de la planta, desde la materia prima y demás insumos relacionados al proceso productivo, así como bienes, servicios y otros elementos para el sector administrativo. Las tareas relacionadas al sector de compras deben realizarse siempre buscando el mejor precio posible, pero con la mejor calidad y el menor tiempo, ya que del ingreso de materia prima depende todo el proceso productivo.

El proceso de compras funcionará a partir de un sistema de notas de pedido provenientes de los demás departamentos hacia el departamento de compras. Allí se tomarán dichos pedidos, se analizarán y

cotizarán con los proveedores correspondientes y luego se emitirán las órdenes de compra que serán enviadas a los mismos. Se acordarán los precios y el plazo de entrega de los productos. Este proceso será válido para materia prima, insumos, servicios, y cualquier otra transacción para la cual se requiera interactuar con un proveedor.

Se cuenta con un comprador de producción y un comprador de insumos generales.

Paralelamente, este departamento se encargará de dirigir, organizar y controlar las ventas de la empresa. Sus funciones principales son la proyección de demanda del producto y un estimativo de ventas, análisis de los costos de ventas, atención de reclamo de clientes, reclutamiento de vendedores, evaluar el desempeño de estos, entre otros.

Para esto, se tendrán dos vendedores que realizarán las tareas antes descriptas.

6.1.3. Gerencia de Contabilidad y Finanzas

El principal objetivo y función de este departamento es el óptimo manejo de los recursos financieros y físicos que forman parte de la empresa. Entre algunas de sus tareas se destacan evaluar económicamente los proyectos propuestos por cada sector, tener registrados los movimientos económicos y financieros realizados por la empresa de acuerdo con la legislación vigente.

Esta gerencia se compone de un jefe de contabilidad con un analista de facturación, un jefe de finanzas con un analista de pago a proveedores y un tesorero.

6.1.4. Gerencia de Gestión de Calidad y Medio Ambiente

Esta gerencia tendrá como objetivo asegurar el cumplimiento de la política tanto de calidad como del medio ambiente. Algunas de sus tareas serán liderar proyectos para asegurar la calidad dentro de la empresa, incluyendo análisis de riesgos, auditorías, entre otros. Hacer interactuar a los sectores para realizar siempre una mejora continua. Almacenar y administrar la información de los procesos de calidad, marcos legales y jurídicos que los sustentan.

Dentro de esta se encuentra el jefe de Seguridad e Higiene, el supervisor de seguridad e higiene y el analista de seguridad e higiene, encargados de hacer cumplir todos los requisitos de seguridad e higiene establecidos por la empresa. Verificar que los operarios realicen sus tareas con los elementos de protección personal adecuados. Ver focos o posibles focos de peligro, llevar un plan de mejora continua, supervisar que las medidas de seguridad sean cumplidas, entre otros.

Paralelamente, se cuenta con el jefe de laboratorio de calidad, el supervisor de laboratorio y el técnico de laboratorio, encargados de que los productos y procesos sean realizados con calidad. Deberán asegurar que el producto cumpla con los requisitos y especificaciones establecidas por el cliente, realizando los ensayos necesarios en laboratorio.

6.1.5. Gerencia de Logística y Distribución

El departamento es el encargado de planificar, dirigir, y coordinar los procesos de la cadena de suministro para garantizar la calidad, la eficacia en el movimiento y el almacenaje tanto de materias primas como del producto terminado. Deberá contemplar un plan de estrategia de transporte, almacenaje y distribución para satisfacer de esta forma a los clientes.

Este sector, cuenta con un jefe, un supervisor y operarios de depósito de materia prima y producto.

6.1.6. Gerencia de Producción

La gerencia de producción tiene la tarea de gestionar los materiales y los trabajadores. Debe asegurarse de que la producción se mueva entre los parámetros óptimos y que cumpla con las especificaciones requeridas.

Cuenta con un área de producción, que desarrollará las actividades de planificación de la producción, supervisión del trabajo de los operarios, seguimiento de los trabajos que se realizan dentro de la planta, control y gestión del stock de materias primas y producto terminado, optimizar los recursos de la empresa, entre otras. Siendo el esquema de empleados de jefe, supervisor y operarios.

Además, se incluye el sector de mantenimiento, que deberá planificar y programar las tareas de mantenimiento necesarias, conservar el buen estado de las maquinarias para no atentar con la calidad del producto final, instalación de nuevas maquinarias, confeccionar un plan de mantenimiento periódico de todos los equipos del proceso productivo. Contando con un jefe de mantenimiento y operarios.

7. Organigrama

Como se mencionó anteriormente, el régimen de trabajo de la planta será de 330 días al año, 24 horas al día. Debido a esto, la jornada estará dividida en tres turnos que se listan a continuación:

- Turno mañana: de 6:00 am a 14:00 pm.
- Turno tarde: de 14:00 pm a 22:00 pm.
- Turno noche: de 22:00 pm a 6:00 am.

Se propone que los operarios y supervisores realicen turnos rotativos, cumpliendo cada semana un turno diferente.

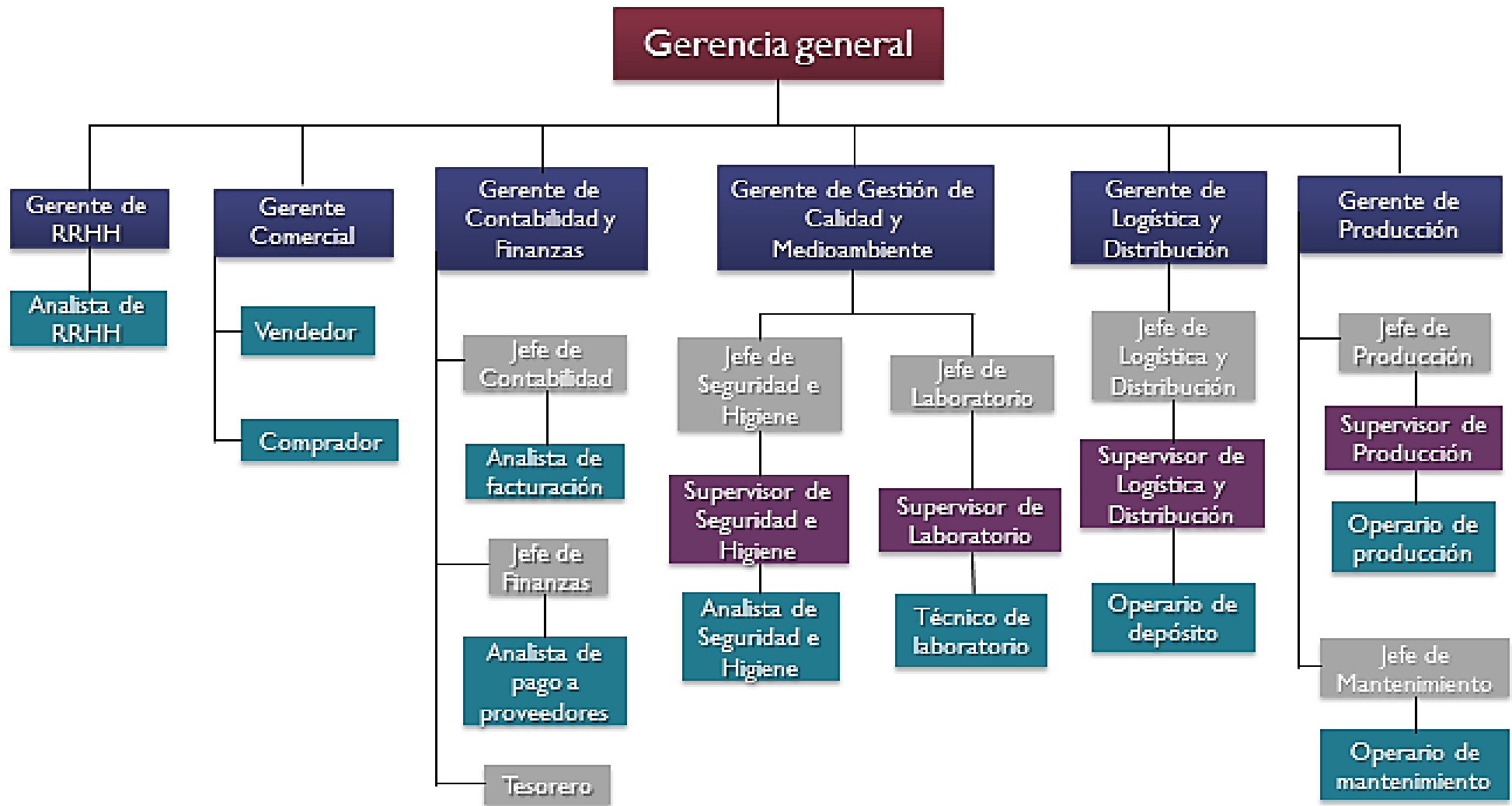


Figura N° 11: Organigrama de la Empresa.

7.1. Descripción del organigrama

A continuación, se enumeran los puestos del organigrama y la cantidad de personal que corresponde a cada uno.

Gerente general (1)

Gerente de Recursos Humanos (1)

Analista de Recursos Humanos (1)

Gerente Comercial (1)

Vendedor 1 (1)

Vendedor 2 (1)

Comprador de Producción (1)

Comprador de Insumos Generales (1)

Gerente de Contabilidad y Finanzas (1)

Jefe de Contabilidad (1)

Analista de Facturación (1)

Jefe de Finanzas (1)

Analista de pago a proveedores (1)

Tesorero (1)

Gerente de Gestión de Calidad (1)

Jefe de seguridad e higiene (1)

Supervisor de seguridad e higiene 1 (1)

Técnico de seguridad e higiene (4)

Jefe de laboratorio de calidad (1)

Supervisor de laboratorio (1)

Técnico de laboratorio (4)

Gerente de logística y distribución (1)

Jefe de logística y distribución (1)

Supervisor de logística y distribución (1)

Operario de depósito Materia Prima 1 (4)

Operario de depósito Producto Terminado (3)

Gerente de producción (1)

Jefe de producción (1)

Supervisor de producción 1 (3)

Operario de producción 1 (36)

Jefe de mantenimiento (1)

Operario de mantenimiento 1 (2)

- Puestos Totales:73 puestos
- Relevos Totales:8
- Personas Contratadas: 81
- Personal Turno Mañana: 42
- Personal Turno Tarde: 17
- Personal Turno Noche: 14

7.1.1. Diagrama de operaciones

Los puestos de supervisores, operarios, técnicos de laboratorio, auxiliares de limpieza, porteros y seguridad están contabilizados para cubrir los tres turnos. El resto del personal trabajará con horario administrativo.

Diagrama de operaciones	Turno mañana							Turno tarde							Turno noche									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5
Gerente General de Planta																								
Gerente de Recursos Humanos																								
Analista de Recursos Humanos																								
Gerente Comercial																								
Vendedor 1																								
Vendedor 2																								
Comprador Producción																								
Comprador de Insumos Generales																								
Gerente de Contabilidad y Finanzas																								
Jefe de Contabilidad																								
Analista de Facturación I																								
Jefe de Finanzas																								
Analista de pago a proveedores I																								
Tesorero																								
Gerente de Gestión de la Calidad																								
Jefe de seguridad e higiene																								
Jefe de laboratorio																								
Supervisor de seguridad e higiene I																								
Técnico de seguridad e higiene I																								
Técnico de seguridad e higiene 2																								
Técnico de seguridad e higiene 3																								
Relevo técnico de Seguridad e Higiene																								
Supervisor de laboratorio I																								
Técnico de laboratorio I																								
Técnico de laboratorio 2																								
Técnico de laboratorio 3																								
Técnico de laboratorio 4																								
Gerente de logística y distribución																								
Jefe de logística y distribución																								
Supervisor de logística y distribución																								
Operario de depósito MP I																								
Operario de depósito PT I																								
Operario de depósito MP 2																								
Operario de depósito PT 2																								
Operario de depósito MP 3																								
Operario de depósito PT 3																								
Relevo de depósito general																								

Diagrama de operaciones	Turno mañana							Turno tarde							Turno noche									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5
Gerente de producción																								
Jefe de producción																								
Supervisor de producción 1																								
Supervisor de producción 2																								
Supervisor de producción 3																								
Operario de producción 1																								
Operario de producción 2																								
Operario de producción 3																								
Operario de producción 4																								
Operario de producción 5																								
Operario de producción 6																								
Operario de producción 7																								
Operario de producción 8																								
Operario de producción 9																								
Operario de producción 10																								
Operario relevo 1																								
Operario relevo 2																								
Operario de producción 11																								
Operario de producción 12																								
Operario de producción 13																								
Operario de producción 14																								
Operario de producción 15																								
Operario de producción 16																								
Operario de producción 17																								
Operario de producción 18																								
Operario de producción 19																								
Operario de producción 20																								
Operario relevo 1																								
Operario relevo 2																								
Operario de producción 21																								
Operario de producción 22																								
Operario de producción 23																								
Operario de producción 24																								
Operario de producción 25																								
Operario de producción 26																								
Operario de producción 27																								
Operario de producción 28																								
Operario de producción 29																								
Operario de producción 30																								
Operario relevo 1																								
Operario relevo 2																								
Jefe de mantenimiento																								
Operario de mantenimiento 1																								
Operario de mantenimiento 2																								

Tabla N°4: Esquema de los empleados de la Planta.

7.1.2. Verificación de Valores de FOT – FOS y Factor de Ocupación

- **Factor de Ocupación Total:** Superficie Total Construida / Superficie Total
 $FOT = (1739,40 + 1739,40) / 5.000 = 0,70$
Cumple ya que el máximo es de 2
- **Factor de Ocupación del Suelo:** Superficie Cubierta/ Superficie Total
 $FOS = 1739,40 / 5.000 = 0,35$
Cumple, ya que el máximo es de 0,8
- **Factor de Ocupación:** Cantidad de m² por persona
Factor de Ocupación = $5.000/81 = 62 \text{ m}^2/\text{persona}$
Cumple, ya que el mínimo es de $15 \text{ m}^2/\text{persona}$

8. Bibliografía

- Ordenanza n°8813 (Santa Fe): Reglamento de Zonificación.
- Ordenanza n°11730 ANEXO 2: Normas de Edificación para el Distrito Industrial “Los Polígonos”.
- Educaweb. (Sin fecha). Gerente de producción. Recuperado de: <https://www.educaweb.com/profesion/gerente-produccion-538/>.
- PTLC (Parque Tecnológico del Litoral Centro). (Sin fecha). Ubicación. Recuperado de: <http://www.ptlc.org.ar/ubicacion/>.
- Argentina Ambiental. . Decreto 351/79 – Reglamentación de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Recuperado de: <http://argentinambiental.com/legislacion/nacional/decreto-35179-reglamentacion-la-ley-higiene-seguridad-trabajo/>.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo X: Sistema de Gestión Integral

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo.....	435
2. Introducción	435
2.1. Sistema de Gestión de Calidad: Normas ISO 9001	436
2.2. Sistema de Gestión Ambiental: Norma ISO 14001	437
2.3. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: Norma ISO 45001.....	438
3. Política del Sistema Integrado de Gestión.....	438
4. Mapa de Procesos	440
4.1. Esquemas de mapas de procesos	442
5. Análisis FODA	443
5.1. Análisis Externo: Oportunidades y Amenazas.....	443
5.1.1. Aspectos Legales y Regulatorios.....	444
5.1.2. Análisis de Mercado	444
5.1.3. Análisis de la Industria.....	444
5.1.4. Análisis de la Competencia	445
5.1.5. Análisis de los Clientes	445
5.1.6. Análisis de los Proveedores	445
5.2. Análisis Interno: Debilidades y Fortalezas.....	445
5.2.1. Aspectos de la cadena de valor	445
5.2.2. Análisis de las capacidades internas.....	446
5.3. Matriz FODA y acciones a futuro.....	446
5.3.1. Cuadrante FO – Potencialidades	446
5.3.2. Cuadrante DO – Desafíos	447
5.3.3. Cuadrante FA – Riesgos	447
5.3.4. Cuadrante DA – Limitaciones.....	447
6. Implementación del SGI.....	449

6.1. Primera etapa de implementación del SGI.....	449
6.2. Segunda etapa de implementación del SGI.....	449
6.3. Organización del proceso de implementación.....	450
6.3.1. Funciones del Comité Guía del SGI	450
6.3.2. Funciones del responsable del SIG	450
6.4. ISO 9001	450
6.5. ISO 14001	451
6.6. ISO 45001	452
7. Identificación, Evaluación y Determinación de los Riesgos de Calidad	453
7.1. Riesgos de calidad.....	453
7.2. Documentación	454
7.3. Manual de Gestión	454
7.4. Procedimientos generales	455
7.5. Registros	457
7.6. Plan de respuesta ante emergencias.....	457
7.7. Otros planes.....	459
8. Bibliografía	460

Índice de Figuras

Figura N° 1: Esquema del Ciclo de Mejora Continua.....	435
Figura N° 2: Diagrama General del Mapa de Procesos. Fuente: Elaboración propia.....	442
Figura N° 3: Diagrama del Mapa de Procesos.	443
Figura N° 4: Matriz FODA.	448
Figura N° 5: Matriz FODA – Acciones a futuro.	448
Figura N° 6: Documentos necesarios para el funcionamiento de la organización.....	454

Índice de Tablas

Tabla N° 1: FODA- Análisis Externo – Aspectos Legales y Regulatorios.....	444
Tabla N° 2: FODA- Análisis Externo – Análisis de Mercado.	444
Tabla N° 3: FODA- Análisis Externo – Análisis de la Industria.....	444
Tabla N° 4: FODA- Análisis Externo – Análisis de la Competencia.	445
Tabla N° 5: FODA- Análisis Externo – Análisis de los Clientes.....	445
Tabla N° 6: FODA- Análisis Externo – Análisis de los Proveedores.	445
Tabla N° 7: FODA- Análisis Interno – Aspectos de la Cadena de Valor.....	445
Tabla N° 8: FODA- Análisis Interno – Análisis de las Capacidades Internas.....	446
Tabla N° 9: Ejemplos de los Documentos de Procedimientos Generales.	456

1. Objetivo

Este capítulo busca establecer los lineamientos que requiere un sistema de gestión integral para la empresa a través de la implementación de normas de calidad, medio ambiente y salud ocupacional.

2. Introducción

El Sistema de Gestión Integral es el conjunto de actividades que, interrelacionadas a través de acciones específicas, permiten definir e implementar los lineamientos generales y de operación de la empresa, con el fin de alcanzar los objetivos.

Este sistema contempla el establecimiento de las Normas de Calidad, Normas Ambientales y de Seguridad para lograr que la organización funcione de manera más eficiente y eficaz, ya que así la información y documentación se facilita a todos los integrantes de la empresa y se genera un ámbito de trabajo más propicio para lograr los objetivos.

El concepto de Calidad y Seguridad como conjunto de seguimientos y normas, se encuentra en las **ISO** (International Organization for Standardization – Organización Internacional de Normalización). Por lo que el sistema de gestión integral utiliza estas normas para llevarse a cabo.

En particular van a ser las siguientes:

- Sistema de Gestión de Calidad: Norma ISO 9001
- Sistema de Gestión Ambiental: Norma ISO 14001
- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo: Norma ISO 45001

Dichas normas están orientadas a la participación de la empresa como un conjunto, donde cada eslabón de esta realiza un aporte, haciendo participar de algún modo a todos los integrantes en un ciclo de mejora continua de los tres aspectos que tratan. Este ciclo se basa en Planificar – Hacer – Verificar y Actuar.

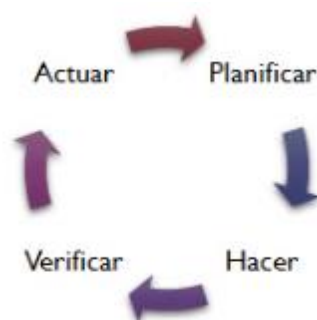


Figura N° 1: Esquema del Ciclo de Mejora Continua.

2.1. Sistema de Gestión de Calidad: Normas ISO 9001

Un sistema de Gestión de Calidad es un conjunto de elementos relacionados entre sí bajo procesos de trabajo orientados en alcanzar la calidad de un producto o servicio. La gestión se produce de la interrelación de: los recursos de la organización, los procesos de trabajo, las políticas de trabajo definidas y los objetivos determinados.

ISO 9000 es un conjunto de normas sobre calidad y gestión de calidad que se basa en los siguientes principios:

- A. Enfoque al cliente
- B. Liderazgo
- C. Participación del personal
- D. Enfoque basado en procesos
- E. Mejora Continua
- F. Enfoque de sistemas para la gestión
- G. Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones
- H. Relaciones mutuamente beneficiosas con proveedores

Las ventajas que tiene la implementación de este sistema son:

- Estandarizar las actividades del personal que trabaja dentro de la organización por medio de la documentación.
- Incrementar la satisfacción del cliente al asegurar la calidad de productos y servicios de manera consistente, dada la estandarización de los procedimientos y actividades.
- Medir y monitorear el desempeño de los procesos productivos, distribuidos y administrativos de los productos.
- Incrementar la eficacia y/o eficiencia de la organización en el logro de sus objetivos.
- Mejorar continuamente en los procesos, productos y eficacia.
- Reducir las incidencias negativas de producción o prestación de servicios.
- Mantener la calidad.

Las normas ISO 9000 se clasifican en:

- ISO 9000: vocabulario de la calidad.
- ISO 9001: modelo para sistema de gestión.
- ISO 9003: modelo para producción. Esta norma es anulada por la ISO 9001:2000, siendo la versión actual la ISO 9001:2015.
- ISO 9004: directivas para mejorar el desempeño.

2.2. Sistema de Gestión Ambiental: Norma ISO 14001

Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que le permite a la empresa formular una política y objetivos, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información sobre impactos ambientales significativos. Se aplica para que la empresa logre:

- Implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental.
- Asegurar la política ambiental establecida.
- Demostrar a terceros el cumplimiento de la política ambiental.
- Solicitar la certificación y/o registro de su sistema de gestión ambiental por parte de una organización externa.

Los propósitos de implementar un Sistema de Gestión Ambiental comprenden obtener una ventaja competitiva, diferenciarse de la competencia, demostrar preocupación por el medioambiente y cumplir con las exigencias de los clientes.

Además, los beneficios de implementar este sistema incluyen:

- Mejoramiento de la imagen de la empresa, sumar la consideración que proporciona demostrar que el cuidado del medio ambiente es una de las principales preocupaciones de la empresa,
- Disminución o eliminación de barreras en mercados internacionales ya que ISO 14001 es un referencial reconocido internacionalmente.
- Refuerzo de la confianza entre potenciales clientes, especialmente a aquellos sensibles al tema ambiental.
- Reducción del gasto en energía eléctrica, combustibles, agua y materias primas.
- Ahorro en el tratamiento de emisiones, vertidos o residuos mediante planes de reducción.
- Aseguramiento del control y cumplimiento del gran número de requisitos legales relacionados con temas ambientales.
- Acceso a exenciones legales o impositivas.
- Mejoramiento de la posición competitiva, expresado en aumento de ingresos y de participación de mercado.
- Mejoramiento de la organización interna, lograda a través de una comunicación más fluida, con responsabilidades y objetivos establecidos.
- Orientación hacia la mejora continua, que permite identificar nuevas oportunidades para mejorar los objetivos ya alcanzados.
- Mejoramiento en la motivación y el trabajo en equipo del personal, que resultan los factores determinantes para un eficiente esfuerzo colectivo de la empresa, destinado a alcanzar las metas y objetivos de la organización.

Desde una perspectiva global, la implantación de normas internacionales de gestión ambiental que promuevan el cuidado del aire, el agua y la calidad de suelo, representan una gran contribución a los esfuerzos mundiales destinados a conservar el ambiente en el que vivimos.

2.3. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: Norma ISO 45001

La adopción del este sistema de gestión permite a las empresas brindar ambientes saludables y prevenir accidentes y deterioro en la salud. Aportando una guía efectiva y útil para cuidar la seguridad de sus empleados, ya que utiliza un modelo simple de: planificar, hacer, verificar y actuar.

Entre los beneficios de implementar el sistema se encuentran la reducción de accidentes, ausentismos y rotación del personal, lo que trae un aumento de la productividad. Además, disminuyen los costos de seguros, se adopta un enfoque basado en el riesgo y mejora la reputación corporativa.

Una parte fundamental del sistema es que plantea la necesidad de que exista un compromiso de todos los niveles de la organización, con lo cual se fomenta la participación activa de los empleados, destacando el valor de las consultas a los trabajadores en el desarrollo de mejores prácticas.

3. Política del Sistema Integrado de Gestión

La redacción de la política para el SIG es realizada por el comité directivo, que se encarga de definirla y documentarla. Esta debe ser revisada periódicamente para asegurar que se mantenga relevante y apropiada para la organización.

La política debe ser apropiada a la naturaleza y magnitud de la calidad buscada, los aspectos ambientales y los riesgos de seguridad y salud de la organización. Debe quedar asentado el compromiso de mejora continua de la organización en cuenta a la calidad, la minimización de impactos ambientales y la prevención de lesiones y enfermedades laborales.

Política de Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud

La empresa se compromete a lograr la máxima calidad y excelencia en sus productos a partir de un proceso sustentable, ético y que contemple las normas de seguridad y salud para sus empleados.

Para esto, es obligación la utilización eficiente de los recursos naturales, la prevención de la contaminación, la minimización de los riesgos de los trabajadores y la promoción de la mejora continua en todas las instancias de los procesos.

El sistema de gestión se adhiere a todas las normas internas y externas hacia las cuales la empresa se vincula. El mismo está en conformidad con las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

Ante todo, se exige a los proveedores de materia prima y servicios, el nivel de calidad requerido y el compromiso de un estándar permanente. Por lo que, incentivamos a nuestros proveedores y prestadores de servicios a adoptar normas que sean compatibles a las políticas de la empresa. Buscando crear relaciones de beneficio mutuo con nuestros proveedores y contratistas con el fin de poder soportar nuestros servicios.

En segundo lugar, la responsabilidad social corporativa es una componente integral de nuestra filosofía empresarial. Todos nuestros empleados son entrenados para asumir su responsabilidad de acuerdo con su función, nivel de autoridad y calificación. Con la participación y el compromiso de todos los actores involucrados en los procesos se asegura la comprensión, la implementación y el mantenimiento del sistema de gestión integral.

En tercer lugar, la consideración del cliente como el eslabón final de la cadena productiva, el cual exige y define la calidad final de nuestro producto, es un aspecto fundamental. Estamos convencidos que es esencial comprender las necesidades de nuestros clientes. La innovación y el enfoque al cliente es la clave de nuestros negocios. Aseguramos que nuestro producto pueda ser usado en todo su ciclo de vida en forma segura para nuestros empleados, clientes, público y medio ambiente.

Además, tomamos iniciativas para reducir los riesgos ambientales, de seguridad y salud en la producción, almacenamiento, distribución y uso de nuestro producto, así como la eliminación de los residuos. Esto incluye el uso eficiente de la energía y de recursos, y de la mejora continua de nuestros procesos para minimizar el impacto de nuestras actividades hacia el medio ambiente por el aumento de nuestra eficiencia ambiental y energética.

Socios de la empresa:

Aiello Gabriela Beraldi Agustina Filipic Marina Sotelo Lucas

4. Mapa de Procesos

Cuando hablamos de un proceso estamos haciendo referencia al conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida aportando valor añadido para el cliente. El objetivo que tiene cualquier mapa de procesos ISO 9001 es ofrecer al cliente aquel producto que cubra sus necesidades con el mayor grado de calidad.

Según la norma ISO 9001, la organización debe determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización, y debe:

- ✓ Determinar las entradas requeridas y las salidas esperadas de estos procesos.
- ✓ Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- ✓ Determinar y aplicar los criterios y los métodos (incluyendo el seguimiento, las mediciones y los indicadores del desempeño relacionados) necesarios para asegurarse de la operación eficaz y el control de estos procesos.
- ✓ Determinar los recursos necesarios para estos procesos y asegurarse de su disponibilidad.
- ✓ Asignar las responsabilidades y autoridades para estos procesos.
- ✓ Evaluar estos procesos e implementar cualquier cambio necesario para asegurarse de que estos procesos logran los resultados previstos.
- ✓ Mejorar los procesos y el sistema de gestión de la calidad.

Para realizar el mapa de procesos, se definen tres tipos:

- Procesos Operativos

Los procesos operativos se definen como aquellos procesos que se encuentran directamente ligados a la realización del producto y/o la prestación del servicio. Por ello se conocen como los procesos de “línea”.

Dichos procesos cuentan con una visión completa del cliente, desde el conocimiento de los requisitos del producto o servicio, hasta el análisis final de satisfacción, una vez el cliente ha recibido nuestro producto o servicio.

Estos procesos ocupan normalmente el bloque central del mapa de procesos, el cual sí que difiere según la actividad que se desarrolle.

En el supuesto de una ingeniería de proyectos sería la siguiente:

- Toma de pedidos del cliente
- Coordinación del trabajo
- Elaboración del proyecto
- Revisión del proyecto
- Cliente final

En este punto se deben poner los principales bloques de los que se encarga la organización y la forma que define cómo están conectados entre sí. Por ello, es muy importante conocer y tener clara la estructura de la empresa.

Un ejemplo de un laboratorio de Control de Calidad podría ser el siguiente:

- Toma de pedidos de los clientes
- Toma de muestras
- Realización de los ensayos
- Documentación de los ensayos
- Comunicar los resultados al cliente final

Investigaciones de las necesidades de los clientes

Comercialización del servicio

Diseño del servicio

Producción o prestación del servicio

- Procesos Estratégicos/Claves

Los procesos estratégicos se definen como aquellos procesos que se encuentra directamente vinculados al ámbito de las responsabilidades de la dirección y, generalmente, al largo plazo. Se refiere principalmente a procesos de planificación y otros procesos que se encuentren ligados a factores clave o factores estratégicos.

Los procesos estratégicos conducen a los operativos mediante pautas de gestión o estratégicas, y los procesos de apoyo colaboran en su desarrollo.

Planificación estratégica, políticas y objetivos

Planificación de recursos

Toma de acciones de mejora

- Procesos de Soporte/Apoyo

Los procesos de soporte se definen como aquellos procesos que ofrecen soporte a los procesos operativos. Se refiere principalmente a procesos relacionados con recursos y mediciones.

Una de las principales características de los procesos de apoyo es que pueden ser fácilmente subcontractables, es decir, que la empresa no se resiente en el momento en que se opta por externalizar alguna de las tareas o actividades que se llevan a cabo en los procesos de apoyo.

Selección y formación del personal

Aseguramiento logístico

Compras

4.1. Esquemas de mapas de procesos

Un esquema del Mapa de Procesos tiene a los procesos estratégicos en la parte superior del mapa, los auxiliares o de soporte en la inferior y los operativos en la parte media, donde habitualmente se representa la cadena de valor. En este tipo de mapa de procesos, los requisitos del cliente suelen figurar en la parte izquierda, como entrada general de aquellos productos y servicios que la organización pretende generar. En la parte derecha aparece la satisfacción del cliente, como meta a conseguir por la organización.

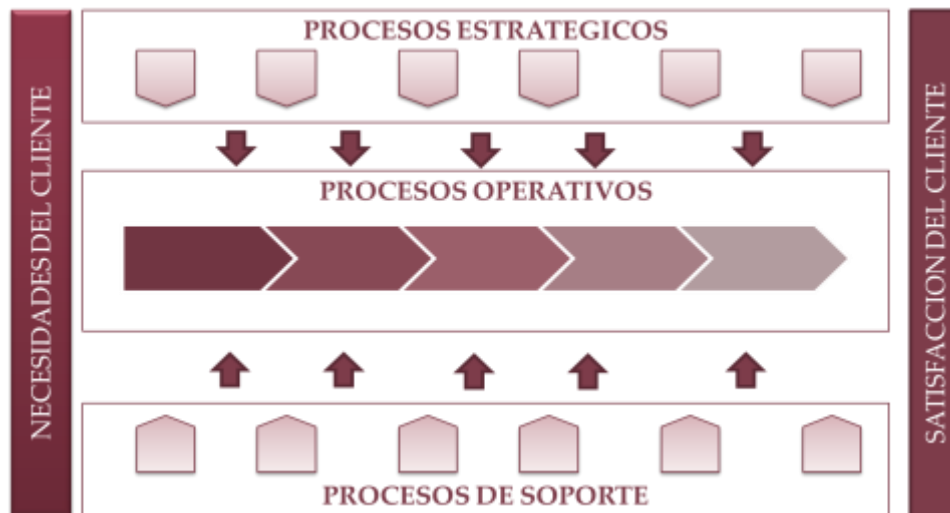


Figura N° 2: Diagrama General del Mapa de Procesos. Fuente: Elaboración propia



Figura N° 3: Diagrama del Mapa de Procesos.

Como se puede observar en la figura, cada uno de los procesos, se asocia como mínimo con un procedimiento en concreto, que también se coloca dentro del mapa de procesos. Con dicho detalle tan sencillo, se puede observar que cada proceso disponga de un procedimiento asociado.

5. Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) se realiza para determinar las ventajas competitivas de la empresa y para definir la estrategia que más conviene en función de las características propias y de las del mercado en que se mueve.

Este análisis se realiza desde la parte interna de la empresa, donde se evalúan las fortalezas y debilidades y también, desde la parte externa a la misma, donde se hace foco en las oportunidades y amenazas.

5.1. Análisis Externo: Oportunidades y Amenazas

Para realizar esta descripción, se van a verificar las oportunidades y amenazas con respecto a los siguientes ítems:

- ✓ Aspectos Legales y Regulatorios
- ✓ Análisis de Mercado
- ✓ Análisis de la Industria
- ✓ Análisis de la Competencia
- ✓ Análisis de los Proveedores

5.1.1. Aspectos Legales y Regulatorios

ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS	
Legislación que prohíbe el uso de bolsas plásticas	OPORTUNIDAD
Legislación que promueve plásticos biodegradables	OPORTUNIDAD
Legislación que promueve la radicación de la industria en Santa Fe	OPORTUNIDAD
Créditos escasos y de tasas poco convenientes	AMENAZA
Costos de servicios y laborales altos	AMENAZA
Falta de legislación que proteja a la industria química nacional frente a proveedores extranjeros	AMENAZA

Tabla N° 1: FODA- Análisis Externo – Aspectos Legales y Regulatorios.

5.1.2. Análisis de Mercado

ANALISIS DE MERCADO	
La planta de producción se ubica en un punto geográfico estratégico que nos permite una distribución rentable a todo el país con la posibilidad de abrir nuevos mercados al exterior.	OPORTUNIDAD
Materia prima nacional	OPORTUNIDAD
Existencia de competidores que importan el producto a precios competitivos.	AMENAZA
Empresa nueva que necesita posicionarse en el mercado ante empresas con prestigio ganado.	AMENAZA

Tabla N° 2: FODA- Análisis Externo – Análisis de Mercado.

5.1.3. Análisis de la Industria

ANALISIS DE LA INDUSTRIA	
El producto comercializado por la empresa se encuentra en su etapa de crecimiento en su ciclo de vida.	OPORTUNIDAD
Aprovechamiento de desechos y subproductos de otras industrias	OPORTUNIDAD
Aprovechamiento de un subproducto del proceso (celulosa)	OPORTUNIDAD
Empleo de materia prima de gran uso nacional (almidón)	AMENAZA

Tabla N° 3: FODA- Análisis Externo – Análisis de la Industria.

5.1.4. Análisis de la Competencia

ANALISIS DE LA COMPETENCIA	
Baja competencia nacional	OPORTUNIDAD
Productos internacionales innovadores ya posicionados en el mercado	AMENAZA

Tabla N° 4: FODA- Análisis Externo – Análisis de la Competencia.

5.1.5. Análisis de los Clientes

ANALISIS DE LOS CLIENTES	
Incrementar los niveles de satisfacción del cliente a través del Departamento de Servicio al Cliente.	OPORTUNIDAD
Desconfianza de los clientes al producto por ser innovador	AMENAZA

Tabla N° 5: FODA- Análisis Externo – Análisis de los Clientes.

5.1.6. Análisis de los Proveedores

ANALISIS DE LOS PROVEEDORES	
Conocimiento de las capacidades de los proveedores	OPORTUNIDAD
Poca disponibilidad de proveedores alternativos	AMENAZA

Tabla N° 6: FODA- Análisis Externo – Análisis de los Proveedores.

5.2. Análisis Interno: Debilidades y Fortalezas

Para realizar esta descripción, se van a verificar las debilidades y fortalezas con respecto a los siguientes ítems:

- Aspectos de la cadena de valor
- Análisis de las capacidades internas

5.2.1. Aspectos de la cadena de valor

ASPECTOS DE LA CADENA DE VALOR	
Contamos con sistema informático eficiente que abarca desde la compra de la materia prima hasta la distribución de los productos (SAP).	FORTALEZA
Procesos de manufacturas con alto nivel de automatización	FORTALEZA
No se cuenta con un área de Investigación y Desarrollo, buscando nuevas aplicaciones para nuestro producto.	DEBILIDAD
Necesidad de adaptación de equipos convencionales para el proceso	DEBILIDAD

Tabla N° 7: FODA- Análisis Interno – Aspectos de la Cadena de Valor.

5.2.2. Análisis de las capacidades internas

ANALISIS DE LAS CAPACIDADES INTERNAS	
Maquinarias modernas	FORTALEZA
Personal altamente calificado, capacitado y con experiencia.	FORTALEZA
La capacidad instalada no es suficiente para satisfacer la demanda total	DEBILIDAD

Tabla N° 8: FODA- Análisis Interno – Análisis de las Capacidades Internas.

5.3. Matriz FODA y acciones a futuro

Una vez analizadas las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, se desarrolla la matriz de cuatro cuadrantes donde se establecen las estrategias tanto internas como externas, emparejando las fortalezas y debilidades con las oportunidades y amenazas a partir del desarrollo de cuatros cuadrantes de Potencialidades, Desafíos, Riesgos y Limitaciones.

5.3.1. Cuadrante FO – Potencialidades

Este cuadrante busca emparejar las fortalezas internas con las oportunidades externas para generar estrategias usando las fortalezas internas de la organización que puedan sacar ventaja de las oportunidades externas.

Nuestra principal fortaleza interna es la capacidad de producir un plástico biodegradable y la principal oportunidad externa es la legislación que prohíbe el uso de plástico convencional para bolsas. Por lo tanto, se genera un lugar en el mercado que es la potencialidad más fuerte de nuestro proyecto.

- **Aprovechar el mercado creciente de Productos Biodegradables**

La estrategia va a ser vender nuestro producto como una alternativa a los plásticos convencionales, fomentando el uso de materiales biodegradables.

5.3.2. Cuadrante DO – Desafíos

Este cuadrante busca emparejar las debilidades internas con las oportunidades externas para generar estrategias que mejoren las debilidades de la organización para sacar ventaja de las oportunidades externas.

Entre las debilidades internas se cuenta con que no tenemos un área de investigación y desarrollo y la oportunidad externa en la que nos podemos enfocar es que el producto se encuentra en su etapa de crecimiento en el ciclo de vida. Por lo que, el desafío del área de investigación y desarrollo es buscar productos en donde se pueda utilizar el plástico biodegradable de nuestra empresa y buscar alternativas que se puedan realizar que mejoren alguna característica de este y así ampliar el mercado.

- **Tener un área de Investigación y Desarrollo que busque nuevas aplicaciones del plástico biodegradable y mejore sus propiedades para aumentar el mercado de este mismo.**

5.3.3. Cuadrante FA – Riesgos

Este cuadrante busca emparejar las fortalezas internas con las amenazas externas para evitar o reducir el impacto de estas últimas, por lo tanto, es un cuadrante que plantea un posible problema de la organización y es importante tenerlo en consideración.

Entre las amenazas externas se encuentran las empresas extranjeras que importan el producto a precios competitivos y que nuestra organización es nueva en el mercado. Pero, dentro de las fortalezas internas se presentan las características de una empresa con alto nivel de automatización, maquinaria moderna y personal calificado. Por lo tanto, el riesgo es que la venta del producto deba competir con empresas internacionales con prestigio. Como estrategia para minimizar este riesgo, es la búsqueda de reducción de costos y optimización del proceso que lleven a precios competitivos.

- **Reducción de costos y optimización del proceso para tener precios competitivos.**

5.3.4. Cuadrante DA – Limitaciones

Este cuadrante busca emparejar las debilidades internas con las amenazas externas para generar acciones defensivas con el objeto de reducir las debilidades evitando las amenazas del entorno.

La principal debilidad interna que nos limita es que la capacidad instalada no es suficiente para satisfacer la demanda nacional y dentro de las amenazas externas, se encuentra que una de las principales materias primas (el almidón) se utiliza como alimento y su producción está enfocado en ese uso. Por lo tanto, la principal estrategia para mitigar esta limitación es la de pensar en utilizar una fuente de materia prima alternativa y analizar la posibilidad de poner otra planta de plástico biodegradable.

- **Buscar fuentes alternativas de almidón y proyectar una nueva planta de plástico biodegradable.**



Figura N° 4: Matriz FODA.



Figura N° 5: Matriz FODA – Acciones a futuro.

6. Implementación del SGI

Un sistema integrado de gestión de la Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional tiene una estructura similar a la de un árbol, con un tronco común, y tres ramas correspondientes a las tres áreas de gestión. Por lo que, el tronco contendría el sistema de gestión común a las áreas especificadas, teniendo en cuenta todos los elementos: la política, los objetivos, asignación de los recursos, la planificación, el control de los procesos, la auditoria y la revisión del sistema. Cada rama específica de gestión toma de forma complementaria las cuestiones particulares que la incumben, teniendo siempre en cuenta los aspectos comunes del tronco. A su vez, el plan de implementación del SIG se divide en dos etapas, detalladas a continuación.

6.1. Primera etapa de implementación del SGI

Esta etapa tiene una duración de 4 semanas y los objetivos principales de la misma son:

1. Dar a conocer en la organización la importancia del SIG y afianzar el compromiso de la Alta Dirección con la implementación del sistema.
2. Conformar el equipo del SIG.
3. Establecer los mecanismos de comunicación con el personal que trabaja en la organización, para que ellos tomen conciencia y entiendan la importancia y los beneficios de la implementación del SIG.
4. Realizar un diagnóstico inicial de la Empresa para determinar los recursos que la organización deberá proveer para realizar la implementación.
5. Definir los requisitos legales que la Empresa debe cumplir en materia de calidad, medio ambiente y seguridad y salud ocupacional.

6.2. Segunda etapa de implementación del SGI

Esta etapa tiene una duración de 44 semanas y es la implementación del SIG propiamente dicha. Aquí debemos:

1. Identificar los requisitos del cliente y las características del producto con el objetivo de determinar las brechas de calidad que pueden existir.
2. Identificar los aspectos ambientales y los impactos ambientales asociados.
3. Identificar peligros y riesgos existentes
4. Determinar la política, objetivos y metas.
5. Llevar adelante la creación de procedimientos, instructivos y registros necesarios exigidos por las normas y los necesarios que demuestren el control y la eficacia del sistema en cada uno de los procesos de la empresa (por ejemplo, certificados de análisis).

Por otra parte, se deben formar a los futuros auditores internos mediante la capacitación del jefe de aseguramiento de la calidad y se establece la fecha para la realización de la auditoría integrada.

6.3. Organización del proceso de implementación

La responsabilidad de la implementación del SIG será de un Comité Guía y un Responsable del SIG, cuyas funciones se describen a continuación:

6.3.1. Funciones del Comité Guía del SGI

- Asignar recursos.
- Toma de decisiones y acciones necesarias.
- Implementar, mantener y controlar el SIG.
- Asegurar la implementación.
- Difundir la Política del SIG.
- Analizar y establecer objetivos y metas.
- Controlar el avance y cumplimiento de los objetivos.
- Planificar el programa de capacitaciones.
- Verificar el cumplimiento de las leyes y regulaciones vigentes.
- Tomar decisiones en base al avance del SIG.
- Asegurar el cumplimiento de los requisitos de las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001.

6.3.2. Funciones del responsable del SGI

- Preparar la información que será suministrada al Comité Guía.
- Administrar la plataforma de documentos del SIG de acuerdo con los requisitos de las normas.
- Mantener operativo el SIG.
- Informar al Comité Guía el estado y desempeño del SIG.
- Controlar el avance de planes y programas establecidos por el Comité Guía

6.4. ISO 9001

Enfoque al cliente. Determinación y revisión de los requisitos relacionados con el producto. Comunicación con el cliente.

La alta dirección debe asegurarse de que los requisitos del cliente se determinan y se cumplen con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente.

La organización debe determinar:

- Los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores a la misma.
- Los requisitos no establecidos por el cliente, pero necesarios para el uso especificado o para el uso previsto, cuando sea conocido.
- Los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el producto.
- Cualquier requisito adicional determinado por la organización.

La organización debe revisar los requisitos relacionados con el producto. Esta revisión debe efectuarse antes de que la organización se comprometa a proporcionar un producto al cliente y debe asegurarse de que:

- Están definidos los requisitos del producto.
- Están resueltas las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente.
- La organización tiene la capacidad para cumplir con los requisitos definidos.

Deben mantenerse registros de los resultados de la revisión y de las acciones originadas por la misma. Cuando se cambien los requisitos del producto, la organización debe asegurarse de que la documentación pertinente sea modificada y de que el personal correspondiente sea consciente de los requisitos modificados.

La organización debe determinar e implementar disposiciones eficaces para la comunicación con los clientes, relativas a:

- La información sobre el producto.
- Las consultas, contratos o atención de pedidos, incluyendo las modificaciones.
- La retroalimentación del cliente, incluyendo sus quejas.

6.5. ISO 14001

Identificación de aspectos ambientales, evaluación de impactos y determinación de controles operacionales

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para:

Identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que pueda controlar y aquellos sobre los que pueda influir dentro del alcance definido del sistema de gestión ambiental, teniendo en cuenta los desarrollos nuevos o planificados, o las actividades, productos y servicios nuevos o modificados.

- Determinar aquellos aspectos que tienen o pueden tener impactos significativos sobre el medio ambiente (es decir, aspectos ambientales significativos).
- La organización debe documentar esta información y mantenerla actualizada y debe asegurarse de que los aspectos ambientales significativos se tengan en cuenta en el establecimiento, implementación y mantenimiento de su sistema de gestión ambiental.

6.6. ISO 45001

Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles operacionales

Se deben establecer procedimientos para la identificación continua de los peligros, evaluación de los riesgos y determinación de los controles operacionales necesarios, teniendo en cuenta:

- Actividades rutinarias y no rutinarias de todo el personal que tiene acceso al lugar de trabajo (incluyendo contratistas y visitantes).
- Comportamiento, capacidad y otros factores asociados a las personas.
- Identificación de peligros originados fuera del lugar de trabajo, capaz de afectar adversamente la salud o seguridad de las personas bajo el control de la organización dentro del lugar de trabajo.
- Peligros generados en la proximidad del lugar de trabajo por actividades o trabajos relacionados bajo el control de la organización.
- Infraestructura, equipos y materiales en el lugar de trabajo, provistos por la organización u otros.
- Cambios o propuestas de cambios en la organización, sus actividades o materiales.
- Modificaciones al sistema de gestión de SYSO, incluyendo cambios temporales y sus impactos sobre las operaciones, procesos y actividades.
- Diseño del lugar de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria, procedimientos operacionales y organización del trabajo, incluyendo su adaptación a la capacidad humana.

La metodología para la identificación de peligros y evaluación de riesgos debe ser proactiva más que reactiva, identificando, priorizando y documentando los riesgos y la aplicación de controles apropiados para los mismos.

Cuando se determinen cambios, se debe considerar la reducción de los riesgos de acuerdo a la siguiente priorización:

- Eliminación.
- Sustitución.
- Controles de ingeniería.
- Señalización, alertas y/o controles administrativos.
- Equipos o elementos de protección personal.

La organización debe documentar y mantener actualizados los resultados de la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles.

7. Identificación, Evaluación y Determinación de los Riesgos de Calidad

7.1. Riesgos de calidad

Se consideran críticos aquellos procesos que repercuten directamente en la calidad del producto:

Producción

Servicio al cliente

Logística

Los requisitos que deben cumplir los procesos y el producto son los siguientes:

- Cumplimiento de las especificaciones técnicas del producto.
- Garantía del producto.
- Cumplimiento de los requisitos legales.
- Precios acordes con el mercado.
- Eficacia y rapidez en la atención al cliente.
- Cumplimiento en los plazos de despacho y entrega.
- Elaboración bajo buenas prácticas de manufactura.
- Personal calificado.
- Certificado de calidad de los productos.

En los procesos de fabricación y comercialización del producto se identificaron algunos riesgos de calidad:

- Producto que no cumpla con los requerimientos del cliente.
- Producto que llegue al cliente en mal estado.
- Producto fuera de especificaciones.
- Contaminación y/o daños a la salud.
- Accidentes laborales y enfermedades profesionales.

7.2. Documentación

La documentación necesaria para el funcionamiento de la organización puede observarse en la siguiente imagen, donde se asocian los distintos procesos con la documentación que generan:

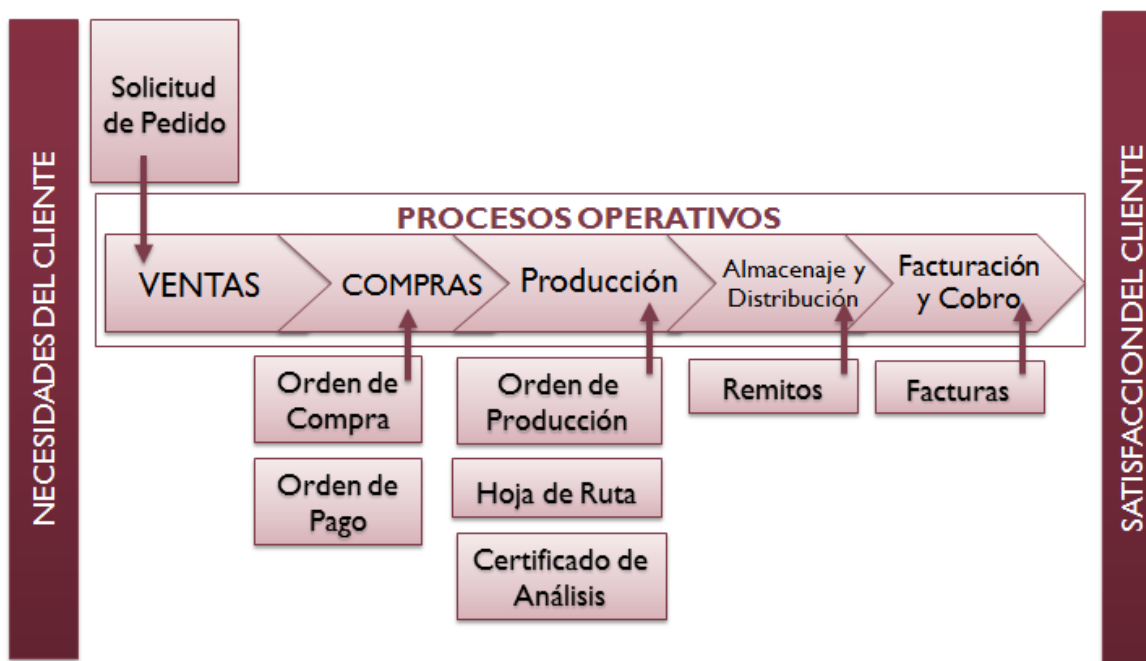


Figura N° 6: Documentos necesarios para el funcionamiento de la organización.

7.3. Manual de Gestión

Aquí se indican los principios y la filosofía de la empresa con respecto a la calidad, el medio ambiente y la salud y seguridad ocupacional. Este documento se denomina Manual de Gestión y se utiliza como carta de presentación a las partes interesadas (clientes o usuarios, proveedores, personal interno, auditores). Este documento es de carácter público y está disponible en todas las áreas de la organización, para que todo el personal pueda tener acceso a él.

En el Manual de Gestión se incluye:

- El título y las normas en la que se basa el SIG.
- El campo de aplicación del sistema incluyendo y justificando las exclusiones permitidas. Es decir, a qué áreas de servicio de la organización o departamentos se aplica el SIG.
- Política de Sustentabilidad, que, aunque puede ser un documento aparte, se incluye dentro del Manual de Gestión.
- Descripción de la organización, responsabilidades y autoridades. Siempre a nivel básico, que será ampliado posteriormente y en los siguientes niveles de la documentación. Para ser más específicos, se incluye un organigrama que ayuda a comprender la organización de la Empresa.

- Descripción de la secuencia e interacción de los procesos que se incluyen en el SIG. Se indican los procesos que se realizan en la Empresa, las relaciones entre ellos y en qué documentos se describen de una manera más detallada.
- Se definen los objetivos y las estrategias de una manera genérica para cada requisito del SIG.

7.4. Procedimientos generales

Los procedimientos definen la forma en que se llevarán a cabo distintas actividades o procesos. Los procedimientos generales del SIG explican cómo se aplicarán los distintos puntos compartidos de las tres normas en la organización. Describen los métodos de trabajo de la empresa.

Por ejemplo, el PG-AC-0000 – Preparación de los documentos del Sistema de Gestión es el procedimiento que establece las medidas necesarias para asegurar que los documentos que componen el Sistema de Gestión de Calidad de la empresa sean adecuadamente identificados, emitidos, revisados, aprobados, distribuidos, utilizados, conservados y actualizados bajo condiciones controladas.

Todos los procedimientos generales son redactados por el sector de aseguramiento de la calidad.

PG-AC-0000	Preparación de los documentos del Sistema de Gestión
PG-AC-0423	Control de los documentos
PG-AC-0424	Control de los registros
PG-AC-0430	Aspectos ambientales
PG-AC-0431	Planificación para la identificación de peligros y la evaluación de riesgos
PG-AC-0432	Requerimientos legales
PG-AC-0433	Objetivos y metas de Calidad, Ambientales y de Seguridad y Salud Ocupacional
PG-AC-0434	Programa de Calidad, Ambiental y de Seguridad y Salud Ocupacional
PG-AC-0443	Comunicaciones Ambientales y de Salud y Seguridad Ocupacional
PG-AC-0447	Preparación y respuesta ante emergencias ambientales y de seguridad
PG-AC-0451	Mediciones, desempeño y seguimiento
PG-AC-0542	Planificación del Sistema de Gestión
PG-AC-0560	Revisión por la Dirección del Sistema de Gestión
PG-AC-0620	Competencia, toma de conciencia, formación y capacitación
PG-AC-0630	Infraestructura
PG-AC-0710	Realización del producto, implementación operativa y control operativo
PG-AC-0720	Procesos relacionados con los clientes
PG-AC-0730	Diseño y Desarrollo
PG-AC-0742	Información de las Compras
PG-AC-0743	Verificación de las materias primas
PG-AC-0751	Control de la producción
PG-AC-0753	Identificación y trazabilidad del producto

Tabla N° 9: Ejemplos de los Documentos de Procedimientos Generales.

Todos los procedimientos deben contener los siguientes ítems:

- Objetivo: Se expondrá la actividad que describe el documento.
- Alcance: Se delimita el ámbito de aplicación de las actividades.
- Referencias: Se citan normas, procedimientos u otros documentos que complementan o son necesarios para la aplicación del documento.
- Definiciones: Se definen los conceptos utilizados en la redacción del documento, cuya interpretación pudiera inducir a un error o no sean de uso común.
- Responsabilidades: Define las responsabilidades de los distintos aspectos contemplados en el documento. Deben establecerse para cargos o funciones y ser explicadas de manera clara y concreta.
- Desarrollo: Se describen en orden cronológico las etapas o pasos necesarios para realizar las actividades que correspondan, incluyendo criterios para la aceptación/rechazo, medios a utilizar y calificación del personal (si corresponde).
- Registros: En este punto se listarán los registros que dependan del procedimiento.

- Lista de distribución: Aquí se listan los puestos de la organización que deben disponer de una copia controlada del documento.
- Anexos: Se listan los anexos en el caso que se considere oportuno (por ejemplo, diagramas de flujo).
- Historial de revisiones: Se consignará el número de revisión del documento, la fecha en que se realizó y el motivo del cambio.

7.5. Registros

Una vez que hemos definido los métodos de trabajo de la organización, debemos trabajar basándonos en estos métodos (ejecución de un método de trabajo). La documentación que se genera son los registros. Un registro es una evidencia objetiva de que se están realizando las actividades según están definidas en la documentación del sistema. En otras palabras, son los “comprobantes” que certifican que se realiza lo que se dice en el Manual de Calidad y los procedimientos.

Por ejemplo, si definimos en un procedimiento que en el contrato se plasmarán los requisitos del usuario y que se aprobará por el director, el contrato sería el registro de calidad (la evidencia objetiva) de que estamos trabajando según indica el procedimiento.

Los registros pueden ser utilizados ante terceros (clientes o usuarios, empresas de certificación, etc.) para asegurar que realizamos las actividades tal y como las hemos definido en la documentación del SIG.

7.6. Plan de respuesta ante emergencias

La organización deberá implantar y mantener las disposiciones necesarias en materia de prevención, preparación y respuesta ante emergencias. Deberán ofrecer cobertura a todos los centros, turnos de trabajo y trabajadores. Se deberán incluir a todos los contratistas, proveedores y visitantes.

Se deberá mantener actualizada la identificación sistemática de las amenazas y el análisis de la vulnerabilidad de las mismas que puedan afectar a la organización. Se debe contar con las medidas de protección que sean acordes con las amenazas detectadas. Deberá ser capaz de responder de forma eficaz y efectiva a una emergencia para reducir la afectación al entorno, el ambiente y la propiedad.

Para poder implementar este plan, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Valorar y evaluar todos los riesgos. Se deberá considerar el número de trabajadores que se encuentran expuestos, los bienes y los servicios que ofrece la empresa.
- Diseñar e implementar todos los procedimientos para prevenir y controlar todas las amenazas priorizadas o minimizar el impacto de las no prioritarias.
- Se tiene que asignar todos los recursos necesarios para diseñar e implantar los programas, procedimientos o acciones necesarias. Es necesario para prevenir y controlar las amenazas prioritarias que minimizan el impacto de las no prioritarias.

- Implantar las acciones factibles, para reducir la vulnerabilidad de la organización frente a estas amenazas que incluye entre otros. La definición de planos de instalaciones y rutas de evacuación.
- Informar, capacitar y entrenar incluyendo a todos los empleados, para que estén en capacidad de actuar y proteger su salud e integridad ante alguna emergencia real o potencial.
- Realizar simulacros como mínimo una vez al año con la participación de todos los empleados.
- Conformar, capacitar, entrenar y dotar la brigada de emergencias, acorde con su nivel de riesgo y los recursos disponibles, que incluye la atención de los primeros auxilios.
- Inspeccionar con la periodicidad que sea definida en el SIG. Todos los equipos relacionados con la prevención y atención de emergencias incluyendo sistemas de alerta, señalización y alarma, con el fin de garantizar su disponibilidad y buen funcionamiento.
- Desarrollar programas o planes de ayuda mutua ante amenazas de interés común, identificando los recursos para la prevención, preparación y respuesta ante emergencias en el entorno de la organización. Se deberán tener en cuenta los planes que para el mismo propósito puedan existir en la zona donde se ubica la organización.

7.7. Otros planes

Para eliminar los riesgos de calidad, medio ambiente y seguridad y salud ocupacional, se elaboran distintos planes dentro del marco del Sistema Integrado de Gestión. Estos pueden ser:

- Plan estratégico de producción.
- Plan de distribución y despacho.
- Plan de diseño y desarrollo de producto.
- Plan de organización y métodos.
- Plan de medio ambiente.
- Plan de salud y seguridad ocupacional.
- Plan de comunicaciones de prevención de peligros y riesgos dentro de las operaciones.

La codificación de la documentación es la siguiente:

XX-YY-NNNN

XX: Tipo de documento (PG es procedimiento general, PE es procedimiento específico, IT es instructivo de trabajo, FO es formulario, RE es registro, PL es plan)

YY: Sector dueño del procedimiento (AC es Aseguramiento de la Calidad, PR es Producción, CC es Control de la Calidad, IT es Sistemas, FI es Finanzas, etc.)

NNNN: Número correspondiente al punto de la norma (excepto el procedimiento anteriormente nombrado).

8. Bibliografía

- Calidad y Gestión. ISO 14000 - SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL. Recuperado de: http://calidadgestion.com.ar/boletin/52_iso_14000_gestion_ambiental.html.
- La Nación. Norma internacional de gestión de seguridad. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/economia/empleos/nueva-norma-internacional-de-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-nid2119792>.
- Nueva ISO 9001:2015. Mapa de procesos. Recuperado de: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/05/como-es-un-mapa-procesos-basado-norma-iso-9001-2015/>.
- Calidad y ADR. 3 Herramientas para mapear procesos en ISO 9001:2015. Mapeo de procesos. Recuperado de: <https://aprendiendocalidadyadr.com/mapeo-de-procesos-iso-90012015/>.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo XI: Evaluación de Impacto Ambiental

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Introducción	465
2. Objetivo	465
3. Evaluación ambiental de la zona de emplazamiento	465
3.1 Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM	466
4. Caracterización del proyecto	471
4.1. Etapas del proyecto	471
4.1.1. Residuos y efluentes generados durante la etapa de construcción	471
4.1.2. Residuos, efluentes y otros contaminantes generados durante el proceso de operación de la planta.....	472
4.1.3. Residuos y efluentes generados durante el proceso de cierre de la planta.....	475
4.2. Pasivos ambientales	476
4.3. Uso del agua.....	476
5. Marco Legal Ambiental.....	477
5.1. Normativa de ámbito de aplicación nacional.....	477
5.2. Normativa de ámbito de aplicación provincial.....	477
5.3. Normativa de ámbito de aplicación municipal.....	478
6. Plan de contingencias	478
6.1. Propósitos y objetivos.....	478
6.2. Análisis de riesgo	479
6.2.1. Determinación de las situaciones.....	480
6.2.2. Determinación de la incidencia	480
6.2.3. Determinación del tipo	480
6.2.4. Criterios de probabilidad de ocurrencia.....	481
6.2.5. Determinación de la severidad de ocurrencia	481
6.2.6. Evaluación de riesgos.....	482
6.3. Grado de significación	482

7. Identificación de los impactos ambientales	482
7.1. Etapa de construcción	483
7.2. Etapa de operación	484
7.3. Etapa de cierre	486
8. Evaluación de impactos y medidas mitigatorias	486
8.1. Medidas de mitigación	486
8.2. Medidas mitigatorias para neutralizar los impactos negativos en el proyecto	487
8.3. Valoración cualitativa de los impactos	488
8.3.1. Signo del impacto	488
8.3.2. Incidencia	488
9. Matriz de impacto ambiental	489
9.1. Etapa de construcción	492
9.2. Etapa de operación	493
9.3. Etapa de cierre	494
10. Conclusiones.....	495
11. Bibliografía	496
12. Anexos	498
12.1. Anexo I: Ley 25.675: Ley general del ambiente	498
12.2. Anexo II: Ley 25.612: Gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio. 513	
12.3. Anexo III: Resolución N° 1089/82: Reglamento para el control de vertimiento de líquidos industriales.....	525

Índice de Figuras

Figura N° 1: Imagen satelital del Parque Tecnológico Litoral Centro.	467
Figura N° 2: Regiones geomorfológicas de la provincia de Santa Fe.	468
Figura N° 3: Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe.	469
Figura N° 4: Tipos de clima de la provincia de Santa Fe.	470
Figura N° 5: Matriz de impacto ambiental de la etapa de construcción.	492
Figura N° 6: Matriz de impacto ambiental de la etapa de operación.	493
Figura N° 7: Matriz de impacto ambiental de la etapa de cierre.	494

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Composición de la corriente sólida de desecho a la salida de la Centrifugación 2	473
Tabla N° 2: Valores para determinación de la evaluación de riesgos según severidad y probabilidad. .	482
Tabla N° 3: Aspectos ambientales de la etapa de construcción.	483
Tabla N° 4: Aspectos ambientales de la etapa de operación.	485
Tabla N° 5: Aspectos ambientales de la etapa de cierre.	486
Tabla N° 6: Valores para el cálculo de la importancia del impacto.	491
Tabla N° 7: Calificación de impactos en función del valor de importancia.	492

1. Introducción

En este capítulo se analizan los factores tenidos en cuenta para la Evaluación de Impacto Ambiental, utilizando como herramienta la matriz de impacto ambiental y como base las normativas ambientales que aplican a la planta industrial y a su operación. Se consideraran los efluentes y residuos generados en la planta debido a su operación normal, así como aquellos producidos por la construcción y puesta en marcha.

El presente estudio ambiental tiene como objetivo principal la identificación de los impactos de un proyecto o actividad sobre el entorno, sean estos reales o potenciales para elaborar planes de acciones mitigación y control. En él se podrán identificar aspectos ambientales, los cuales son elementos, actividades, productos o servicios de nuestro emprendimiento que pueden interactuar con el ambiente, e impactos ambientales, que serán aquellos cambios en el ambiente, adversos o beneficiosos, resultantes de nuestras actividades, productos y servicios.

La matriz de impacto ambiental será cualitativa y se subdividirá en tres períodos de tiempo: Etapa de construcción, etapa de operación y etapa de cierre de la planta productora de polímero biodegradable a base de almidón de maíz.

2. Objetivo

En este capítulo se desarrollarán los parámetros y criterios considerados para llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental, la matriz de Leopold y sus resultados.

El principal objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es proteger los recursos naturales, la salud humana y la ecología. Permite identificar, prevenir y valorar los impactos ambientales durante la construcción y período de funcionamiento de la planta industrial, identificar las medidas en relación a los impactos detectados, y luego mitigar aquellos que resulten negativos y resaltar los positivos.

3. Evaluación ambiental de la zona de emplazamiento

Para la elaboración de la Evaluación de Impacto es importante saber cuál será el lugar que sufrirá modificaciones debido a la construcción y funcionamiento de nuestro proyecto pues sobre él se realizará el estudio a fin de evitar o disminuir los posibles impactos negativos generados durante esas etapas.

La planta industrial se encuentra ubicada en el Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM, en la ciudad de Santa Fe, ocupando una superficie de terreno de 5.000 m². La ciudad de Santa Fe pertenece al Departamento de La Capital que se localiza en el centro-este de la provincia de Santa Fe.

La ciudad de Santa Fe limita al norte con la ciudad de San José del Rincón, Monte Vera y Recreo, al sur con Sauce Viejo, al oeste con Santo Tomé y al este con la provincia de Entre Ríos. Posee una población de aproximadamente 405.683 habitantes, lo que representa el 77% del total de la población del Departamento.

3.1 Parque Tecnológico del Litoral Centro SAPEM

Es un emprendimiento impulsado por el CONICET creado en 2001, cuando éste cedió terrenos al PTLC y se constituyó la Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria (SAPEM), encargada de administrar el área de incubación de empresas y los predios para radicación. Posee una superficie de 14 hectáreas y se ubica a orillas del Río Laguna Setúbal. Se encuentra conectado con el resto de las localidades y provincias por la Ruta Nacional 168. Se halla a 1 km del Puerto de Santa Fe y unos 170 km de la ciudad de Rosario donde se concentran las industrias de mayor volumen de producción de la provincia. También se encuentra cercano a la provincia de Buenos Aires donde se encuentran las principales empresas transformadoras de plástico.

Los servicios que presta el parque son:

- Red eléctrica de media y baja tensión.
- Red de agua potable.
- Gas.
- Red de telefonía.
- Desagües pluviales.
- Desagüe cloacal con planta de tratamiento de efluentes industriales y cloacales.
- Trazado de caminos vehiculares.
- Alumbrado público.
- Cerco perimetral.

Las empresas e institutos radicados en el parque son los siguientes:

- Zelltek S.A.: Biotecnología.
- Zoovet: Productos veterinarios.
- Clorar Ingeniería: Consultoría, investigación y diseño de procesos y equipos para la industria química.
- Biotecnofe: Bio-terapéuticos de uso veterinario.
- Bioingredients: Producción de esencias orgánicas.
- Gema: Producción de hormonas de crecimiento.
- Incapet: Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (CONICET-UNL).
- IMAL: Instituto de Matemática Aplicada del Litoral (CONICET-UNL).
- INTEC: Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (CONICET-UNL).

En el parque se encuentra instalada una planta de tratamiento de efluentes industriales lo que minimizará los costos de transporte de los mismos. Además, gracias a la presencia de institutos de desarrollo vinculados al CONICET, las nuevas empresas obtienen gran asistencia para su crecimiento.

El Parque Tecnológico Litoral Centro se localiza en el distrito de La Costa, perteneciente a la ciudad de Santa Fe. Limita al norte con la Laguna Setúbal, al sur con la RN 168 y el Riacho Santa Fe que se conecta con la laguna, al este con el Barrio El Pozo y al oeste con la Reserva Ecológica UNL y la Ciudad Universitaria UNL.

La zona se caracteriza por estar rodeada por ríos y lagunas, y por la presencia de abundante vegetación debido a la Reserva Ecológica y la carencia de urbanización al sur de la Ruta Nacional 168. A pesar de ello, al otro lado del Río Santa Fe se encuentra la Ciudad de Santa Fe donde el nivel de urbanización es elevado. Se encuentra conectada al Parque mediante el Puente Gobernador Oroño. Deberá tenerse en cuenta la existencia de vegetación a fin de preservar el medio ambiente en las mejores condiciones.



Figura N° 1: Imagen satelital del Parque Tecnológico Litoral Centro.

Como se mencionó, es una zona de abundante vegetación excepto en la zona Este donde se encuentra el Barrio El Pozo. Los cuerpos de agua representan una parte importante de la superficie de los alrededores del Parque.

Geomorfología

La región estudiada pertenece a la Pampa Llana Santafecina, por lo que el terreno se caracteriza por planicies con suaves ondulaciones. La zona donde se localiza el Parque Industrial posee una altitud promedio de 20 m. s. n. m. aproximadamente.



Figura N° 2: Regiones geomorfológicas de la provincia de Santa Fe.

Hidrografía

La provincia de Santa Fe posee el sistema hidrográfico más extenso del país. En general, se trata de ríos de aguas tranquilas, mansos, debido al poco declive del suelo. Hay gran número de lagunas, cañadas, esteros, albardones, riachos y arroyos.

La Ciudad de Santa Fe posee 70% de su superficie total ocupada por ríos, lagunas y bañados, al estar ubicada entre los valles de inundación de los ríos Salado y Paraná. Este último, influye de manera notable, provocando un clima de características mediterráneas, es decir inviernos templados y lluviosos y veranos calurosos y secos. Con el pasar de los años, la ciudad se fue acercando más y más a los ríos, ocupando los "bañados comunales", zonas bajas que eran ocupadas por el río Salado durante las crecientes, y las islas y bañados de la zona del Paraná.

Tanto la región donde se encuentra el Parque Tecnológico como la Ciudad de Santa Fe se encuentran rodeadas por cuerpos de agua como ser la Laguna Setúbal, el Río Santa Fe y el Riacho Santa Fe. El departamento de La Capital presenta la Cuenca del Arroyo Saladillo y la Cuenca del Arroyo Colastiné.

Suelo

Los suelos de la región estudiada corresponden, según la Taxonomía de Suelos, al grupo Argiudol, que a su vez pertenece al orden Molisol. Estos últimos son los suelos de los ecosistemas de pastizales. Se caracterizan por un horizonte de espesor y superficie oscura. Este horizonte superficial fértil es resultado de la adición a largo plazo de materiales orgánicos derivados de raíces de las plantas.

Se ubica en los planos bajos del arroyo del mismo nombre o en las llanuras de inundación. También se encuentra en sectores vecinos a estas cañadas en las pendientes previas asociadas a otros suelos de mayor potencial. Se compone principalmente de material limoso y arcilloso y posee textura franco-limosa.

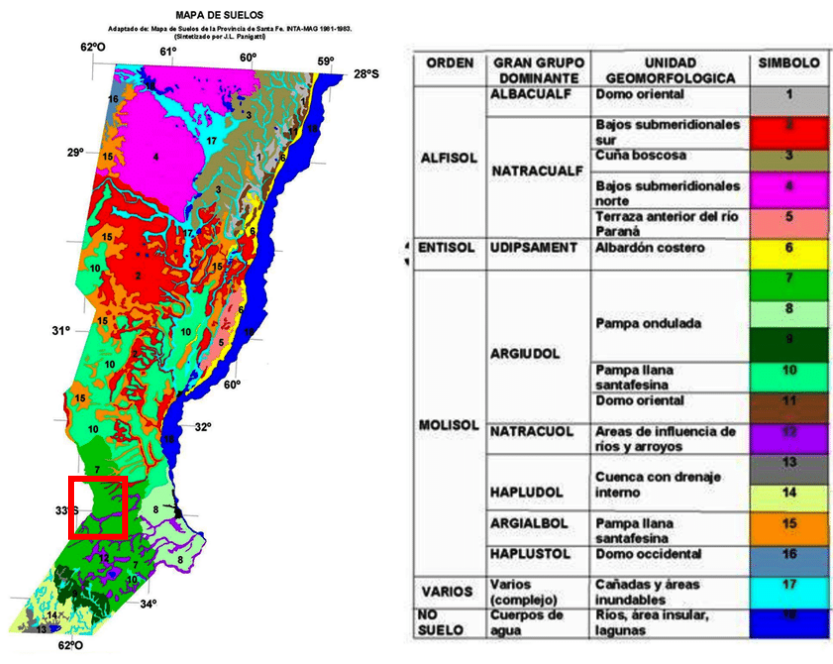


Figura N° 3: Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe.

Clima

La provincia de Santa Fe presenta características transicionales en sus condiciones térmicas y pluviométricas de los climas tropicales a templados. Se puede distinguir claramente en el territorio de la Provincia dos zonas geográficas: al norte la chaqueña y al sur la pampeana, como se observa en la Figura N° 4.

El departamento de La Capital presenta un clima templado pampeano que se caracteriza por tener temperaturas moderadas, la media anual es de 17° C, las cuales van disminuyendo hacia el sur por la disminución de la altitud y de oeste a este por la influencia ejercida por el mar. La zona posee un promedio de precipitaciones de 940 milímetros anuales, disminuyendo del nordeste al sudoeste. La situación climática también difiere si se compara el oeste y el este; a medida que se avanza hacia el Paraná el clima se torna notablemente más húmedo.

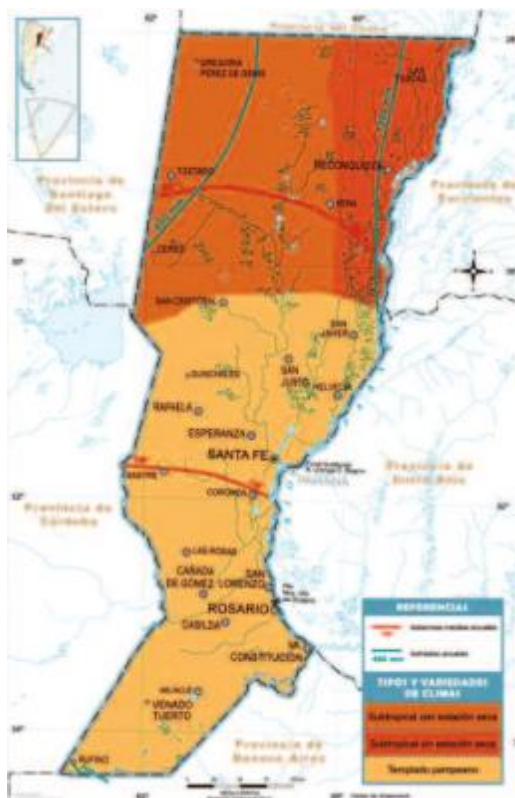


Figura N° 4: Tipos de clima de la provincia de Santa Fe.

Flora

El sector vinculado al río Paraná es una franja que posee un componente mayoritario de islas, arroyos, lagunas interiores, bañados y el curso del río. Las crecientes y bajantes modifican constantemente el paisaje. Esta dinámica altera la morfología y la naturaleza de las comunidades vegetales. Con el estiaje se crean bancos de arenas y sobre ellas la vegetación vuelve a formar bosques en galerías. Entre las especies arbóreas se encuentran el aliso, el ceibo, el sauce, el timbó y el laurel.

Fauna

La región posee una fauna muy variada debido a la vegetación y los cuerpos de agua. Entre las especies pueden encontrarse diversos mamíferos y peces: nutrias, yacarés, carpinchos, comadreja, dorados, surubíes. También habitan la región muchas aves: biguá, caracolero, garza blanca, tero, martín pescador.

Impacto humano

A pesar de no ser una zona muy poblada, ya que en los alrededores del PTLC se encuentra la Reserva Ecológica y la laguna Setúbal, a poca distancia se localiza la ciudad de Santa Fe que posee una población de 405.683 habitantes, según el Censo del año 2010.

4. Caracterización del proyecto

La planta industrial se dedicará a la producción de un polímero biodegradable fabricado a partir de almidón de maíz y dos residuos como son la glicerina (subproducto del biodiesel) y la cáscara de arroz. Dado que el producto busca ser inocuo para el medio ambiente y dos de las materias primas son un desecho de otras industrias, se considera que puede esperarse un impacto ambiental positivo.

4.1. Etapas del proyecto

Los impactos ambientales se pueden generar en cualquier fase del ciclo de vida de un proyecto, por lo tanto, la caracterización del mismo dentro de la Evaluación de Impacto debe cubrir cada una de estas etapas.

El proyecto puede ser dividido en tres etapas principales:

- Etapa de construcción.
- Etapa de puesta en marcha y operación.
- Etapa de cierre.

A continuación, se describen los efluentes y los residuos generados en cada etapa del proyecto.

4.1.1. Residuos y efluentes generados durante la etapa de construcción

En la etapa de construcción se generarán residuos sólidos asimilables a los domiciliarios. Además, se tendrán residuos líquidos propios de la actividad de trabajadores, y material particulado debido a los trabajos de corte, por ejemplo. Por otra parte, estarán los residuos provenientes de los materiales de construcción, como sólidos o líquidos con estos materiales en suspensión.

Los materiales desechados deberán ser depositados en rellenos sanitarios siempre que fuere posible. En caso que dichos residuos pertenezcan a la categoría de residuos peligrosos, se deberán tomar las medidas correspondientes para su disposición. Se prevé también la generación de residuos peligrosos, ruidos, vibraciones e impacto visual.

Durante esta etapa, se consideran como acciones u actividades susceptibles de producir un impacto ambiental (ASPI) a las siguientes tareas, de las cuales además se aclara si se trata de un impacto permanente o temporal:

- Acondicionamiento del terreno – Impacto temporal.
- Excavaciones mecánicas – Impacto temporal.
- Rellenos y/o terraplenes – Impacto temporal.
- Compra y manejo de maquinarias – Impacto temporal.
- Edificación – Impacto temporal.
- Generación de residuos – Impacto temporal.

- Transporte y disposición de escombros – Impacto temporal.

4.1.2. Residuos, efluentes y otros contaminantes generados durante el proceso de operación de la planta

En este ítem, deben tenerse en cuenta las tareas que se llevarán a cabo durante el normal funcionamiento de la planta:

- Producción de almidón de maíz modificado.
- Obtención de lignina a partir de cáscara de arroz.
- Producción de polímero biodegradable.
- Tareas de mantenimiento de equipos.
- Tareas administrativas.
- Limpieza de equipamientos e instalaciones.
- Almacenamiento de materia prima y producto.

Como primera clasificación de los tipos de residuos que se generarán en esta etapa podemos nombrar a los residuos asimilables a domiciliarios y a los residuos especiales.

Residuos asimilables a domiciliarios: Serán los residuos producidos por actividades de las oficinas y del comedor, como ser papeles, botellas, restos de comida. Los mismos serán almacenados en bolsas y basureros destinados para tal fin. Serán entregados al servicio de recolección municipal de residuos urbanos, que finalmente los dispondrá en rellenos sanitarios.

Residuos especiales: Son los residuos que se generan por el proceso de fabricación de polímero biodegradable.

4.1.2.1. Residuos sólidos

Residuos sólidos orgánicos

El principal residuo sólido generado será la corriente de celulosa que se descarta a la salida de la segunda centrifugación del proceso de obtención de lignina. La composición de esta corriente se muestra a continuación:

Componente	Caudal (kg/d)	Porcentaje (%)
Celulosa	9.056,90	71,60
Lignina insoluble	412,40	3,26
Compuestos inorgánicos	2.317,50	18,32
Otros (extractos, ceras y gomas)	596,70	4,72
Grupos acetilo	266,40	2,10

Tabla N° 1: Composición de la corriente sólida de desecho a la salida de la Centrifugación 2

Se considera que la celulosa puede ser lavada para solubilizar los compuestos inorgánicos presentes y obtener una corriente con una composición de más del 85% de celulosa. Este desecho será ofrecido a industrias papeleras como materia prima de menor calidad.

Si no fuera posible comercializar el total de este desecho, deberá ser retirado para tratamiento por empresas habilitadas de transporte y de tratamiento.

Residuos peligrosos

Se considera como residuos peligrosos a los materiales contaminados con aceites y grasas, los tubos fluorescentes quemados, las pilas y baterías, envases de tóner y tintas, trapos y estopas con restos de sustancias químicas, restos de envases vacíos de sustancias químicas, entre otros. Los mismos deben ser almacenados transitoriamente en un depósito que cumpla con las reglamentaciones dentro de la planta hasta que se solicite su retiro y transporte por empresas habilitadas para luego disponer de ellos. Quedan excluidos de este grupo los residuos patológicos y los radiactivos.

4.1.2.2. Efluentes

Se generarán efluentes del tipo cloacal, resultantes del uso de sanitarios y limpieza de las instalaciones. En lo que respecta a la operación de la planta industrial se producirán como efluentes las siguientes corrientes:

- Corriente de salida de la operación de centrifugación del almidón modificado: Solución de fosfatos, sulfato de sodio, hidróxido de sodio y restos de almidón solubilizado de pH alcalino (aproximadamente 9).
- Corriente de salida de la operación de centrifugación de la cáscara de arroz pre-tratada (centrifugación 1): Solución acuosa de hemicelulosa con trazas de ácido sulfúrico.
- Corriente de salida de la operación de centrifugación de lignina precipitada: Solución de ácido sulfúrico y sulfato de sodio, pH aproximadamente 3.

Se tendrá una pileta para equalizar los efluentes y neutralizarlos, ya que algunas corrientes son alcalinas y otras, ácidas. El mismo tanque funcionará también como sedimentador a modo de remover la mayor cantidad posible de sólidos. Posteriormente los efluentes serán tratados en un módulo de tratamiento que está acondicionado con etapas de filtración, floculación, sedimentación y tratamientos biológicos. Se buscará alcanzar los parámetros mínimos de vuelco establecidos por la normativa de la provincia, y luego el agua será recirculada al proceso ya que el mismo no posee mayores exigencias de pureza. De esta manera disminuimos en gran medida el consumo de agua de fuentes superficiales.

El cuerpo de agua más cercano a las instalaciones de la planta es la laguna Setúbal, de la que tomaremos el agua para el proceso, la cual se complementará con el agua tratada y recirculada.

4.1.2.3. Emisiones gaseosas

Las emisiones gaseosas debido al funcionamiento normal de la planta consistirán en:

- Vapor de agua generado en la etapa de pre-tratamiento de la cáscara de arroz con ácido muy diluido.
- Vapores generados durante el proceso de extrusión del polímero biodegradable, los cuales serán principalmente aire.
- Gases de chimenea emitidos por el funcionamiento del calderín y el calentador de fluido térmico.

4.1.2.4. Ruidos y otros factores

Durante esta etapa de operación se producirán ruidos y vibraciones asociadas a los equipos del proceso, como compresores, centrífugas, equipos de desintegración mecánica, motores y bombas.

Durante esta etapa de operación normal de la planta consideraremos como acciones u actividades susceptibles de producir un impacto ambiental (ASPI) a:

- Consumo de energía eléctrica – Impacto permanente.
- Mantenimiento de espacios verdes – Impacto permanente.
- Tareas administrativas – Impacto permanente.
- Almacenamiento y uso de materias primas – Impacto permanente.
- Contratación de mano de obra – Impacto permanente.
- Almacenamiento de insumos – Impacto permanente.
- Manejo y mantenimiento de equipos principales y auxiliares – Impacto permanente.
- Limpieza de equipos – Impacto temporal.
- Movimiento vehicular y de maquinaria – Impacto permanente.
- Reacción de modificación de almidón de maíz – Impacto permanente.
- Secado y calentamiento de almidón modificado – Impacto permanente.
- Pre-tratamiento de cáscara de arroz – Impacto permanente.
- Reacción de deslignificación de cáscara de arroz – Impacto permanente.
- Acidificación y precipitación de lignina – Impacto permanente.
- Extrusión de polímero biodegradable – Impacto permanente.
- Recuperación de etanol – Impacto permanente.
- Almacenamiento y distribución de producto terminado – Impacto permanente.
- Consumo de agua – Impacto permanente.

4.1.3. Residuos y efluentes generados durante el proceso de cierre de la planta

Para la etapa de cierre de la planta, el análisis será similar al de la etapa de construcción. En la misma se generarán residuos sólidos asimilables a domiciliarios, efluentes líquidos debido a la actividad humana normal y gaseosos, compuestos por material particulado. También se podrán producir residuos de materiales de construcción, ya sea en forma sólida como líquidos que contengan restos de estos materiales.

Los materiales desechados deberán ser depositados en rellenos sanitarios siempre que fuere posible. En caso que dichos residuos pertenezcan a la categoría de residuos peligrosos, se tomarán las medidas pertinentes para su disposición. Los equipos usados que se retiren podrán ser vendidos como reutilizables recuperando parte de su valor, y no disponerlos como residuos.

Para efectuar la etapa de cierre de planta, se deberá poner en marcha un plan de acción que consista en drenar todos los tanques, cañerías y demás recipientes para evitar que los residuos líquidos lleguen al suelo.

Durante esta etapa, consideraremos como acciones u actividades susceptibles de producir un impacto ambiental (ASPI) a:

- Desmantelamiento de las instalaciones – Impacto temporal.
- Transporte de materiales y maquinarias – Impacto temporal.
- Generación de residuos – Impacto temporal.
- Despido del personal – Impacto permanente.
- Recuperación del suelo – Impacto permanente.
- Drenaje de cañerías, tanques y recipientes – Impacto temporal.

4.2. Pasivos ambientales

Para tener un conocimiento concreto del estado de la zona de emplazamiento, previamente a la etapa de compra del terreno se solicitará realizar un estudio de suelo con el objetivo de determinar la posible presencia de pasivos ambientales provenientes de actividades anteriores. Para ello se investigarán cuáles fueron las actividades que se desarrollaron anteriormente en el terreno, si es que las hubo, y cuáles se desarrollan en los alrededores para poder determinar el tipo posible de contaminantes que se pueden encontrar y de esa forma las técnicas de muestreo y análisis correspondientes.

De la misma manera, al terminar la etapa de cierre de la planta, se realizará también un estudio de suelo para evaluar las condiciones del mismo.

4.3. Uso del agua

La fuente de agua para el funcionamiento de nuestro proceso será la laguna Setúbal, la cual posee una gran extensión y se encuentra en las cercanías del emplazamiento. La normativa aplicable es la “Ley de Aguas de Santa Fe”, la cual define como autoridad de aplicación al Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente. Según la misma, es posible tomar aguas de origen superficial, atmosférico o subterráneo para uso industrial a través de una concesión y el pago de un canon. Para el otorgamiento de la concesión, la autoridad de aplicación tendrá en cuenta el proyecto, el uso que se le dará al agua y el caudal requerido, la evaluación de impacto ambiental y la localización. En función de estos parámetros determinará el canon que le corresponde pagar a la empresa.

Dado que se reutilizará el agua tratada en la planta, el agua que se tomará de la laguna será del 56,3% del total de agua que requiere el proceso. Esto corresponde a aproximadamente 76 m³/d, por lo tanto, el pago del canon se referirá a este valor.

5. Marco Legal Ambiental

Al tratarse de un emprendimiento industrial con producción de emisiones posibles causantes de impactos ambientales, el proyecto se encuentra sujeto a cumplir con la normativa ambiental aplicable, a modo de controlar y reducirlas.

El marco ambiental legal que regula la operación de la planta del polímero biodegradable en todos sus estadios (construcción, operación y cierre) engloba las siguientes leyes, que dividiremos según sea el ámbito de aplicación nacional o provincial.

5.1. Normativa de ámbito de aplicación nacional

- Ley 25657 “Ley General del Ambiente”: establece presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.
- Ley 25612 “Gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio”: establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.
- Ley 25688 “Régimen de gestión ambiental de aguas”: establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.
- Ley 25916 “Gestión de residuos domiciliarios”: establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios.
- Ley 24051 “Generadores de residuos peligrosos”: se toma en cuenta la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos.
- Ley 25841 “Acuerdo marco de protección ambiental del Mercosur”: Apruébese un Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR, suscripto en Asunción.
- Ley 20284 “Plan de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas”.
- Ley 22428 “Fomento de conservación de los suelos”: Régimen legal para el fomento de la acción privada y pública de la conservación de los suelos. Extensiones impositivas. Decreto reglamentario N° 681/81 B.O. 3/4/81.

5.2. Normativa de ámbito de aplicación provincial

- Ley 11220 “Prestación y regulación de los servicios sanitarios”: transformación del sector público de agua potable, desagües cloacales y saneamiento.
- Ley 11717 “Medio ambiente y desarrollo sustentable”
- Ley 8829 “Conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos”: Adhesión a la Ley Nacional n° 22428 de Fomento a la Conservación de Suelos.

- Decreto N°0101/03: Aprueba reglamentación de diversos artículos de la Ley n°11717.
- Decreto N°2151/14: Aprueba la reglamentación tendiente a regular la gestión de los residuos no peligrosos industriales o de actividades de servicios.
- Resolución N°0201/04: Calidad de aire.
- Resolución N°1089/82: Reglamento para el Control del Vertimiento de Líquidos Residuales.

5.3. Normativa de ámbito de aplicación municipal

- Ordenanza N° 12500: Creación del “Comité Consultivo de la Diversidad Biológica y el Desarrollo Sustentable”.
- Ordenanza N° 9662/2008: Acerca de la contaminación atmosférica, control del medio ambiente, calidad de aire, sanciones y órganos de aplicación de las mismas.
- Ordenanza N° 9662/2008: Acerca de gestión de riesgos y políticas municipales para tal fin.
- Ordenanza N°11538: Acerca del “Programa de Gestión Ambiental Integral de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Santa Fe”.

Como anexo de este capítulo se encuentran toda la normativa nombrada anteriormente.

De acuerdo a la legislación vigente, varios insumos del proyecto deben ser inscriptos en el RENPRE (Registro Nacional de Precursores Químicos). El RENPRE clasifica los precursores químicos en tres niveles de complejidad ascendente (lista I a III); dependiendo de la lista en la que se encuentran, son los requisitos administrativos. El proceso utiliza de la lista I ácido sulfúrico, de la lista II sulfato de sodio e hidróxido de sodio y de la lista III etanol.

6. Plan de contingencias

6.1. Propósitos y objetivos

El plan de contingencia relaciona personas y procedimientos adecuados para controlar y neutralizar situaciones fuera de lo normal en la planta.

Para el logro de estos objetivos se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Política y responsabilidades para la ejecución del plan.
- Niveles de respuesta de acuerdo al tipo de situación.
- Coordinación con otros organismos y empresas privadas.
- Capacitación del personal y realización de simulacros.
- Revisión y actualización del plan.

El plan es necesario para obtener una respuesta rápida y competente a cualquier situación que se produzca dentro de la planta. Este plan tiende a ser lo más ágil, dinámico y posible para que sea interpretado y entendido por todo el personal.

En resumen, son objetivos del plan proveer con anticipación:

- La evaluación de los riesgos.
- Los recursos amenazados.
- Las prioridades para la protección de vidas, medio ambiente y bienes.
- La selección de la estrategia.
- La disponibilidad de sistemas y medios para combatir los siniestros.
- El personal capacitado y entrenado para dirigir y ejecutar las operaciones.
- Identificación de los lugares para la disposición de los residuos generados.

6.2. Análisis de riesgo

La finalidad primaria de las acciones de seguridad es la eliminación de los riesgos con el fin de garantizar condiciones de trabajo exentas de accidente. Todo accidente es el resultado de una sucesión de errores cometidos por el hombre.

6.2.1. Determinación de las situaciones

Definimos las diferentes situaciones que se pueden producir en la operación de la planta:

Normal (N): Aspectos que normalmente se producen en la natural operación de la planta o sus trabajos asociados (no productivos) como, por ejemplo, emisiones de gases de combustión, vuelco de efluentes líquidos, generación de ruidos, etc.

Incidente (I): Son situaciones que se encuentran fuera del normal desarrollo de las actividades, que no deberían ocurrir o al menos no se encuentran planificadas. Se producen por distintas razones, ya sea por errores humanos, faltas de mantenimiento, eventos naturales, etc.

Emergencia (E): Es todo incidente donde sea necesario aplicar los protocolos de emergencia, por ejemplo, grandes vuelcos de sustancias contaminantes, accidentes graves con fracturas, muerte de personal, explosiones, etc.

6.2.2. Determinación de la incidencia

Es importante determinar qué factores podrían tener incidencia en el desarrollo de una situación anómala, para lograr una mejor comprensión de la misma, las consecuencias, y de esta manera, desarrollar una mejor estrategia para evitar impactos negativos.

Los factores pueden ser:

- Internos (I): Factores asociados al normal funcionamiento de la planta, como ser generación de vapores durante la carga y descarga de tanques de ácidos.
- Externos (E): Impacto asociado a la actividad de proveedores, como por ejemplo, el vuelco de un camión con productos contaminantes que se dirija a la planta.

6.2.3. Determinación del tipo

El impacto producido puede ser positivo (+) o negativo (-), según produzca un mejoramiento o empeoramiento de las condiciones existentes, o neutro, si no altera las condiciones.

En particular, los impactos negativos deben tratarse acotándolos, mitigándolos lo más posible, neutralizándolos como un óptimo.

Como ejemplo de impactos positivos, se podría dar, la parquización o forestación de áreas no utilizadas de la planta, esto mejora la captación de contaminantes y reduce el ruido generado por la misma, a su vez que mejora el impacto visual de la planta. Otros impactos positivos pueden tener que ver con el desarrollo económico de una región, como ser, mejora de los caminos, generación de puestos de trabajo directa o indirectamente, etc.

Como ejemplo de impactos negativos, se podría dar la contaminación ambiental producida por el vuelco accidental de efluentes sin tratar al ambiente, la generación de gases tóxicos por fugas en tanques, etc.

6.2.4. Criterios de probabilidad de ocurrencia

Califica la posibilidad de ocurrencia de un evento, debido a la normal operación de la planta.

- Nivel 1, Improbable: Podría ocurrir solo en circunstancias especiales, no hay registros de eventos similares. Ocurrencia 1 cada 100 años.
- Nivel 2, Poco probable: Podría ocurrir algunas veces en la vida útil del equipo o en el período laboral del operador. Ocurrencia 1 cada 50 años.
- Nivel 3, Probable: Probablemente ocurrirá. Ocurrencia 1 cada 10 años.
- Nivel 4, Frecuente: Ha ocurrido alguna vez. Ocurrencia 1 cada 5 años.
- Nivel 5, Muy Frecuente: Se espera que ocurra en muchos casos. Ocurrencia 1 por año.

6.2.5. Determinación de la severidad de ocurrencia

La severidad califica el impacto producido por el evento.

- Nivel 1, Insignificante: Incumplimiento breve de las normas en el vertido de efluentes, rápidamente solucionado y que no requiere declaración a organismos externos. En caso de higiene y seguridad, accidentes en los que no hubo daños que requieran atención médica.
- Nivel 2, Menor: Incumplimiento de una norma de vertido de afluentes líquidos, gaseosos o derrames de líquidos, que requiere ser declarada a las autoridades pero no representan consecuencias para el medio ambiente, el impacto es mitigado rápidamente. En higiene y seguridad, sólo se produjeron heridas superficiales que pueden ser solucionadas con primeros auxilios, sin días de pérdida de trabajo.
- Nivel 3, Moderado: Incumplimiento de una norma que representa una consecuencia sobre el medio ambiente. En higiene y seguridad, lesiones que requieren atención médica fuera de la planta, y que no representan riesgo de vida o incapacidad para las personas, como heridas, quemaduras tipo A o B, fracturas menores, etc. Se pierden días de trabajo.
- Nivel 4, Serio: Contaminación significativa que supera los límites de la planta y sus instalaciones y requiere evacuación del personal. En higiene y seguridad, lesiones que representan riesgo de vida y/o incapacidad permanente, como por ejemplo, Fracturas graves, amputaciones, envenenamientos, traumatismos de cráneo, etc.
- Nivel 5, Mayor: Contaminación con consecuencias ambientales importantes, duraderas y externas a la planta. En higiene y seguridad, consecuencias graves a un grupo de personas o fallecimiento de una o más personas.

6.2.6. Evaluación de riesgos

Probabilidad	Insignificante (1)	Menor (2)	Moderado (3)	Serio (4)	Mayor (5)
Improbable (1)	1	2	3	4	5
Poco probable (2)	2	4	6	8	10
Probable (3)	3	6	9	12	15
Frecuente (4)	4	8	12	16	20
Muy frecuente (5)	5	10	15	20	25

Tabla N° 2: Valores para determinación de la evaluación de riesgos según severidad y probabilidad.

6.3. Grado de significación

El grado de significación de cada parámetro se determina considerando la evaluación de riesgo vista en el punto anterior, los requisitos de la matriz legal y los requisitos de las partes interesadas.

7. **Identificación de los impactos ambientales**

A continuación, se listarán los impactos ambientales identificados en cada etapa de la realización del proyecto.

7.1. Etapa de construcción

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Acondicionamiento del terreno.	Generación de sedimentos, polvo, ruidos.	Empobrecimiento de la calidad de aire, contaminación sonora, alteración de la fauna presente
	Remoción de vegetación y tierra.	Modificación de hábitat naturales, contaminación del paisaje visual
	Contratación de mano de obra	Desarrollo industrial de la zona, ingresos a la economía local.
Excavaciones mecánicas.	Generación de sedimentos, polvo, ruidos.	Empobrecimiento de la calidad de aire, contaminación sonora, alteración de la fauna presente
	Inversión en capacitación de personal.	Generación de empleo, mayor nivel de educación
	Generación de zonas inestables.	Alteración/Contaminación de suelos
	Generación de gases y líquidos de escape.	Contaminación del aire y agua, alteración/contaminación de suelos
	Generación de vibraciones.	Afecta calidad de vida, perjudica a la fauna presente
Rellenos y/o terraplenes.	Generación de sedimentos, polvo, ruidos.	Empobrecimiento de la calidad de aire, contaminación sonora, alteración de la fauna presente
	Generación de zonas con pendiente.	Alteración/contaminación de suelos
Compra y manejo de maquinarias y materiales.	Generación de residuos peligrosos, ruidos molestos, y vibraciones	Contaminación de suelos, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, alteración de la fauna presente
	Transporte de materiales	Contaminación del aire, aumento de tráfico
	Comercio con proveedores locales de maquinaria y materiales.	Mejora en la economía local.
Edificación	Generación de sedimentos, polvo, ruidos.	Alteración de la fauna presente, contaminación del aire, contaminación acústica
	Contratación de mano de obra.	Desarrollo de la economía local, generación de empleo, mejora de la calidad de vida de las personas, mayor desarrollo industrial
Generación de residuos	Generación de residuos asimilables a domiciliarios por parte de la mano de obra	Contaminación de suelos, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, alteración de flora y fauna
Transporte y disposición de escombros.	Generación de pilas de escombros. Entrada y salida de vehículos para su retiro. Generación de polvo y sedimentos.	Alteración de la calidad de aire, generación de ruido, incremento del tráfico en la zona.

Tabla N° 3: Aspectos ambientales de la etapa de construcción.

7.2. Etapa de operación

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Reacción de entrecruzamiento del almidón	Uso de reactivos alcalinos y otras sales	Contaminación de aguas y suelos
	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Necesidad de personal técnico capacitado para operación	Capacitación/Educación, generación de empleo
Secado del almidón modificado	Operación de equipo a alta temperatura - riesgo de incendio	Contaminación de aire
	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Necesidad de personal técnico capacitado para operación	Capacitación/educación, generación de empleo
Operaciones de molienda de almidón y cáscara de arroz	Generación de polvo y partículas suspendidas en el aire	Empobrecimiento de la calidad de aire
	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Necesidad de personal técnico capacitado para operación	Capacitación/educación, generación de empleo
Operaciones de centrifugación	Generación de efluentes, ruidos y residuos sólidos	Contaminación sonora, de aguas y suelos
	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Necesidad de personal técnico capacitado para operación	Capacitación/educación, generación de empleo
Reacción de pre-tratamiento de lignina.	Uso de ácido sulfúrico	Contaminación de aguas y suelos
	Reacción a alta temperatura - riesgo de incendio	Contaminación de aire
	Generación de vapores	Empobrecimiento de la calidad de aire
	Necesidad de personal técnico capacitado para operación	Capacitación/educación, generación de empleo
Reacción de deslignificación	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Reacción a alta temperatura y presión - riesgo de incendio y explosión	Contaminación de aire
	Uso de etanol y reactivos alcalinos	Contaminación de agua, aire y suelos
	Necesidad de personal técnico altamente capacitado para la operación	Capacitación/educación, generación de empleo
	Generación de hemicelulosa	Posible venta de subproducto a papeleras generando su aprovechamiento en lugar de considerarlo residuo
Evaporación y condensación de etanol	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Uso de etanol	Contaminación de agua, aire y suelos
	Necesidad de personal técnico capacitado para operación	Capacitación/educación, generación de empleo
Reacción de precipitación de la lignina	Uso de ácido sulfúrico	Contaminación de agua y suelo
	Necesidad de personal capacitado	Capacitación/educación, generación de empleo
	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
Extrusión del bioplástico y pelletizado	Proceso a alta temperatura - riesgo de incendio	Contaminación de aire
	Producción de vapores	Alteración de la calidad de aire

	Necesidad de personal capacitado	Capacitación/educación, generación de empleo
	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
Mantenimiento de equipos	Uso de grasas, aceites y otros productos; generación de residuos contaminados con dichos productos	Contaminación de suelo y aguas
	Necesidad de personal capacitado	Capacitación/educación, generación de empleo
Uso de servicios auxiliares	Desarrollo industrial	Mejora en el desarrollo industrial de la zona
	Generación de ruidos	Contaminación acústica
Almacenamiento y distribución del producto terminado	Necesidad de personal capacitado	Capacitación/educación, generación de empleo
	Pérdidas en almacenamiento	Contaminación de suelos y aguas
	Necesidad de personal para la distribución	Capacitación/educación, generación de empleo
	Movimiento de vehículos para transportar el producto.	Contaminación del aire , aumento de tráfico
Comercialización del producto	Venta a empresas para su uso como materia prima biodegradable y ecológicamente sustentable	Desarrollo industrial
		Mejora en el desarrollo industrial de la zona
		Menor contaminación de suelos y aguas
		Mejor calidad de vida
		Mejora en la economía local
		Mayor desarrollo industrial
		Capacitación/Educación y generación de empleo
Revalorización de la zona		
Consumo de energía eléctrica	Utilización de grupos electrógenos en caso de falla del sistema de energía eléctrico	Contaminación sonora, contaminación del aire por emisiones, contaminación del suelo ante derrame
Mantenimiento de espacios verdes	Forestación, colocación de plantas y árboles	Mejora en la calidad del aire
		Lugares aptos para el desarrollo de flora y fauna
		Mejora del paisaje
Almacenamiento y uso de materias primas	Necesidad de personal para realizar las tareas	Generación de empleo
	Uso de subproductos de otras industrias como materias primas - Aprovechamiento de recurso que de otra manera sería un residuo	Subproducto pasa a ser materia prima en vez de residuo
	Almacenamiento de NaOH, ácido sulfúrico, glicerina	Mejoras en la economía
Tareas administrativas y de ingeniería	Contratación de personal	Contaminación de aguas y suelos
		Capacitación/educación, generación de empleo
	Generación de efluentes domiciliarios y RSU	Mejor calidad y estilo de vida
		Contaminación de suelo y aguas

Tabla N° 4: Aspectos ambientales de la etapa de operación.

7.3. Etapa de cierre

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Desmantelamiento de las instalaciones	Generación de polvo, ruidos y vibraciones.	Alteración de la calidad del aire y contaminación sonora
Transporte de materiales y maquinarias	Generación de puestos de empleo temporales.	Generación de empleo temporal, educación/capacitación
	Tránsito de vehículos	Mejoras en la calidad de vida Aumento de las emisiones, aumento del tráfico en la zona
Generación de residuos	Residuos sólidos (bolsas plásticas, cartón, escombros, metales).	Contaminación del suelo y aguas
		Alteración de flora y fauna
Despido del personal	Pérdida de fuentes de trabajo	Aumento de la tasa de desempleo
		Deterioro de la calidad de vida
		Deterioro de la economía local
Recuperación del suelo	Tratamiento del suelo y retorno a condiciones similares a las iniciales	Efecto positivo en el valor geológico del suelo
		Efecto positivo en cursos de agua superficial
		Mejora de la cobertura vegetal
		Recuperación de fauna
		Mejora del paisaje

Tabla N° 5: Aspectos ambientales de la etapa de cierre.

8. Evaluación de impactos y medidas mitigatorias

8.1. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación tienden a compensar o revertir los efectos adversos o negativos del proyecto. Se aplican según correspondan en cualquiera de las fases (constructiva, operativa o de cierre). Las medidas para mitigar, acotar o neutralizar un impacto pueden ser de carácter preventivo, correctivo o compensatorio según sea que el impacto ya ocurrió, o si aún no sucedió y se pretende evitar que ocurra. Las medidas preventivas se introducen en la fase de planificación (proyecto), mientras que las correctoras y compensatorias en la fase de funcionamiento (constructiva, operativa, cierre). Entonces en resumen las medidas mitigatorias podrán ser:

- Medidas preventivas: evitan la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad (tecnología, diseño, materias primas, localización, etc.).
- Medidas correctoras de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre procesos constructivos, condiciones de funcionamiento, factores del medio como agente transmisor o receptor, etc.

- Medidas compensatorias de impactos irrecuperables e inevitables, que no evitan la aparición del efecto ni lo anulan o atenúan, pero compensan de alguna manera la alteración del factor. Según la gravedad y el tipo de impacto.

8.2. Medidas mitigatorias para neutralizar los impactos negativos en el proyecto

- Para evitar la contaminación de los suelos y las aguas subterráneas, las sustancias líquidas contaminantes que se manejarán en el proyecto se encontrarán convenientemente contenidas y las superficies de trabajo convenientemente aisladas del suelo natural para evitar cualquier tipo de filtraciones que puedan llegar al suelo y las napas. Además contará con recintos de contención en los tanques, drenajes especiales para fluidos de proceso y un plan de actuación rápido y organizado ante el caso de un derrame.
- Las sustancias químicas utilizadas estarán correctamente ubicadas y contenidas en recipientes adecuados, y estarán debidamente ordenadas y rotuladas en un depósito específico.
- Para casos de derrames de sustancias volátiles, como el etanol utilizado en la etapa de deslignificación, se procederá a la inmediata recolección de las sustancias y la planta contará con un sistema de extractores y ventilación según indica la normativa de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Todos los sectores en los que se manipulen sustancias tóxicas serán aislados del suelo, con pisos construidos especialmente para eso, con pinturas y recubrimientos aislantes.
- Los ruidos y vibraciones producidas por motores, compresores y demás equipos serán absorbidos por las paredes, suelo y techos de la planta que tendrán un grosor diseñado para tal fin. Además, se utilizará cimentación especial para aquellas máquinas que produzcan vibraciones con apoyos de caucho y se encontrarán lubricadas las partes móviles para reducir estos efectos. Al situarse la planta en un Parque Industrial rodeado de otras industrias y separado de las viviendas por kilómetros, se espera que los ruidos generados no causen efectos negativos.
- En caso de producirse derrames de las sustancias utilizadas (ácidos, bases, o combustibles), los residuos sólidos producidos por las tareas de contención y absorción serán correctamente dispuestos por las empresas habilitadas en la zona.
- Para mitigar el impacto de los residuos domiciliarios a asimilables que se produzcan, se llevarán a cabo métodos para la reducción y el aprovechamiento de los materiales, como también campañas de reciclaje para aquellos materiales como papel, cartón, vidrio y metal.

8.3. Valoración cualitativa de los impactos

Para volcar los aspectos e impactos ambientales analizados, se realizó una matriz de impacto ambiental cuyas filas corresponden a los factores ambientales relacionados al proyecto y cuyas columnas corresponden a las actividades realizadas en cada etapa. La celda de intersección de cada factor con cada actividad, corresponde a la magnitud cualitativa del impacto que produce dicha actividad en el factor ambiental (alto, medio o bajo), representado por un código de colores. El criterio de asignación de la magnitud se desprende de suponer cuáles serán los efectos desencadenados ante una determinada acción. La matriz así obtenida permitirá analizar de forma global y cualitativa todas las relaciones entre las actividades desarrolladas durante el proyecto y los factores ambientales involucrados, generando un resumen de la evaluación de impacto ambiental y facilitando la obtención de conclusiones. Además, la matriz puede emplearse para identificar impactos en varias fases temporales del proyecto, por lo tanto, se realizará una matriz para la etapa de construcción, la etapa de operación y la etapa de cierre de la planta.

8.3.1. Signo del impacto

- Positivo: provoca un efecto que puede ser admitido por la comunidad técnica, científica y los habitantes, es beneficioso.
- Negativo: sus efectos provocan la pérdida de un valor natural, estético- cultural, paisajístico, contaminación, erosión, degradación, etc. Son perjudiciales o indeseables.

8.3.2. Incidencia

- Bajo: su efecto expresa una modificación mínima del factor considerado.
- Medio: su efecto provoca alteraciones en algunos de los factores del medioambiente.
- Alto: su efecto provoca una modificación del medio ambiente y de los recursos naturales que producen repercusiones apreciables. Expresa una destrucción casi total del factor ambiental en juego.

9. Matriz de impacto ambiental

En el siguiente apartado de este capítulo se incluirán las matrices de impacto ambiental de Leopold correspondientes a las distintas etapas de desarrollo del proyecto. Cada una de estas matrices es de características cualitativas y muestra si el impacto producido es positivo o negativo, y cuál es su magnitud (alto, medio bajo). La definición de un impacto positivo o negativo se desprende simplemente de observar si las consecuencias del mismo traerán beneficios o perjuicios al entorno.

Mientras tanto, la magnitud del impacto se definió utilizando el Método de Conesa simplificado que se basa en lo siguiente:

- a) Se plantean los criterios para evaluar cada uno de los impactos ambientales que son:
 - Signo o naturaleza (NA): implica definir si el impacto es positivo o negativo
 - Intensidad (IN): Representa el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínima afectación.
 - Extensión (EX): Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta.
 - Momento (MO): Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si es un período de tiempo mayor a cinco años, largo plazo (1).
 - Persistencia (PE): Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
 - Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que la alteración deje de actuar sobre el medio.
 - Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción

natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).

- Sinergia (SI): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
 - Acumulación (AC): Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
 - Efecto (EF): Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.
 - Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo).
- b) Cada uno de los criterios mencionados se evalúan y se le asigna una puntuación al impacto por cada uno de ellos. Finalmente, se obtiene la importancia del impacto a través del siguiente polinomio que considera todos los criterios mencionados:

$$I = +/ - 1.(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

En la siguiente tabla se enumeran los criterios con sus magnitudes y el puntaje que se le debe asignar según el caso:

Criterio	Magnitud	Calificación
Naturaleza (NA)	Positivo	1
	Negativo	-1
Intensidad (IN)	Baja	1
	Media	2
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extensa	4
	Total	8
	Crítica	(+4)
Momento (MO)	Largo plazo	1
	Mediano plazo	2
	Inmediato	4
	Crítico	(+4)
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1
	Sinérgico	2
	Muy Sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto	1
	Secundario	4
Periodicidad (PR)	Irregular/aperiódico/discontinuo	1
	Periódico	2
	Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperable inmediato	1
	Recuperable a mediano plazo	2
	Mitigable o compensable	4
	Irrecuperable	8

Tabla N° 6: Valores para el cálculo de la importancia del impacto.

- c) A partir de los resultados obtenidos, se clasifican los impactos según el puntaje que les corresponda y se aplica el siguiente criterio para establecer si es un impacto bajo, moderado o alto, y para ambos casos, impactos positivos y negativos. Finalmente, este rango se asocia a un código de colores para poder obtener las matrices finales.

	Alto	Medio	Bajo
Impactos positivos	I>75	75>I>50	50>I
Impactos negativos	>75	75> >50	50>

Tabla N° 7: Calificación de impactos en función del valor de importancia.

A continuación, se incluirán las matrices de impacto de las tres etapas del proyecto.

9.1. Etapa de construcción

FACTORES AMBIENTALES				ETAPA DE CONSTRUCCIÓN							
				ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	EXCAVACIONES MECÁNICAS	RELLENOS Y/O TERRAPLENES	COMPRA Y MANEJO DE MAQUINARIA	EDIFICACIÓN DE INSTALACIONES	GENERACIÓN DE RESIDUOS	TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS	
MEDIO FÍSICO	ABIÓTICO	ATMÓSFERA	Calidad de Aire								
		Ruidos y Vibraciones									
		SUELO	Valores Geológicos								
	BIÓTICO	AGUA	Superficial								
		Subterránea									
		FAUNA	Cobertura vegetal								
Especies Terrestres											
Aves											
MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIO CULTURAL	TERRITORIO	Desarrollo Urbano								
		CULTURA	Educación								
			Estilo de Vida								
		POBLACIÓN	Calidad de Vida								
			Congestión de Tráfico								
	Seguridad, Salud e Higiene										
	ECONÓMICO	POBLACIÓN	Capacitación								
			Generación de empleo								
		ECONOMÍA	Desarrollo Industrial								
			Revalorización de la zona								
			Ingresos Economía local								
			Aprovechamiento de un subproducto								
Inversiones											
PAISAJE	Visual										

Figura N° 5: Matriz de impacto ambiental de la etapa de construcción.

9.2. Etapa de operación

FACTORES AMBIENTALES			ETAPA DE OPERACIÓN															
			REACCIÓN DE ENTRECruzamiento	SECADO DE ALMIDÓN MODIFICADO	MOLIENDA DE ALMIDÓN MODIFICADO Y CÁSCARA DE ARROZ	OPERACIONES DE CENTRIFUGACIÓN	REACCIÓN DE PRE-TRATAMIENTO Y DESLIGNIFICACIÓN	EVAPORACIÓN Y CONDENSACIÓN DE ETANOL	REACCIÓN DE PRECIPITACIÓN DE LIGNINA	EXTRUSIÓN Y PELLETIZADO	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	USO DE EQUIPOS AUXILIARES	ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTO TERMINADO	COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	MANTENIMIENTO DE ESPACIOS VERDES	ALMACENAMIENTO Y USO DE MATERIAS PRIMAS	TAREAS ADMINISTRATIVAS Y DE INGENIERÍA
MEDIO FÍSICO	ABIÓTICO	ATMÓSFERA	Calidad de Aire															
		Ruidos y Vibraciones																
		SUELO	Valores Geológicos															
	BIÓTICO	AGUA	Superficial															
		Subterránea																
		FLORA	Cobertura vegetal															
MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIO CULTURAL	CULTURA	Educación															
		Estilo de Vida																
MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	POBLACIÓN	POBLACIÓN	Calidad de Vida															
		Congestión de Tráfico																
	Seguridad, Salud e Higiene																	
	ECONOMÍA	POBLACIÓN	Capacitación															
		Generación de empleo																
		Desarrollo Industrial																
	ECONOMÍA	Revalorización de la zona																
		Ingresos Economía local																
		Aprovechamiento de un subproducto																
	PAISAJE	Inversiones																
PAISAJE	Visual																	

Figura N° 6: Matriz de impacto ambiental de la etapa de operación.

9.3. Etapa de cierre

FACTORES AMBIENTALES				ETAPA DE CIERRE					
				DESMANTELAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	TRANSPORTE DE MATERIALES Y MAQUINARIA	GENERACIÓN DE RESIDUOS	DESPIDO DEL PERSONAL	RECUPERACIÓN DEL SUELO	
MEDIO FÍSICO	ABIÓTICO	ATMÓSFERA	Calidad de Aire	■	■				
			Ruidos y Vibraciones	■					
		SUELO	Valores Geológicos			■		■	
	AGUA		Superficial			■		■	
		Subterránea					■		
	BIÓTICO	FLORA	Cobertura vegetal			■		■	
FAUNA			Especies Terrestres			■		■	
		Aves			■		■		
MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIO CULTURAL	TERRITORIO	Desarrollo Urbano						
			CULTURA	Educación		■			
		Estilo de Vida							
		POBLACIÓN	Calidad de Vida		■		■		
			Congestión de Tráfico		■				
	Seguridad, Salud e Higiene								
	ECONÓMICO	POBLACIÓN	Capacitación		■				
			Generación de empleo		■		■		
		ECONOMÍA	Desarrollo Industrial						
			Revalorización de la zona						
			Ingresos Economía local				■		
	Aprovechamiento de un subproducto								
Inversiones									
PAISAJE						■			

Figura N° 7: Matriz de impacto ambiental de la etapa de cierre.

10. Conclusiones

Como conclusión, podemos establecer lo siguiente:

- Como efectos negativos, tendremos impactos considerables en la etapa de construcción sobre la flora, fauna y el paisaje. Pero dado que será una etapa transitoria, sostenemos que luego de terminada dicha etapa, se pueden realizar medidas para compensar y mejorar dicho factor, a través del manejo y mantenimiento de espacios verdes, como bien se puede observar en la etapa de operación.
- También pueden producirse importantes impactos negativos sobre suelos, aguas y la calidad del aire en la etapa de operación, los cuales serán correctamente prevenidos mediante buenas prácticas de operación y buen manejo de residuos generados y efluentes, así como empleo de tecnologías más limpias y desarrollo de ingeniería.
- Como grandes impactos positivos podemos observar la generación de empleo, que tiene asociada un mayor nivel de educación y capacitación en la población, y que a su vez implica un aumento en la calidad de vida y la posibilidad de desarrollar un mejor estilo de vida. Además, al disminuir la tasa de desempleo se potencia el desarrollo urbano ya que al tener mayor poder adquisitivo la población puede crecer y ocupar nuevos espacios.
- Por otro lado, la instalación de una nueva industria implica el desarrollo industrial de la zona, la revalorización de la misma y mejoras sustanciales en la economía, al introducir un nuevo producto que además requiere la compra de materias primas, insumos y contratación de servicios auxiliares.
- Finalmente, los impactos positivos ambientales son muy importantes ya que estamos introduciendo en el mercado un producto biodegradable y compatible con el medio ambiente que compite con productos cuyo origen proviene de fuentes no renovables. Por lo tanto, su implementación conduciría a que disminuya la contaminación de suelo y aguas con respecto al uso de otros productos.
- Finalmente, y también relacionado a un impacto ambiental positivo, tenemos la particularidad de que dos de nuestras materias primas son subproductos de otras industrias. Esto se traduce en un efecto beneficioso para el medio ambiente ya que estamos aprovechando una cantidad de materia que de otra manera sería considerada un residuo.

11. Bibliografía

- Universidad Nacional del Litoral. (Sin fecha). Reserva Ecológica. Recuperado de: <https://www.unl.edu.ar/institucional/reservas-ecologicas/>
- Mapoteca. (Sin fecha). Climas y biomas de la provincia de Santa Fe. Recuperado de: <http://mapoteca.educ.ar/.files/index.html.1.1345.html>
- Topographic-map.com. (Sin fecha). Visualización y compartición de mapas topográficos gratuitos. Recuperado de: <http://es-ar.topographic-map.com/places/Santa-Fe-314528/>
- INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. (Sin fecha). Serie Colastiné (CNE). Recuperado de: http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/__series/cne/index.htm
- Gudelj, O., Muñoz, S., Aimetta B., Boccolini, M., Lorenzon, C y Lattanzi, M. (2014). Propiedades Físicoquímicas de un Argiudol típico relacionadas con la Productividad de los Cultivos. INTA Recuperado de: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_d5-propiedades_fisicoquimicas_de_un_argiudol_tpic.pdf
- Wikipedia. (Sin fecha). Molisol. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Molisol>
- Santa Fe (Sin fecha). Flora y Fauna. Recuperado de: <http://www.unl.edu.ar/santafe/index.php/flora-y-fauna.html>
- Santa Fe. (2014). Estadísticas. Recuperado de: <https://www.santafe.gov.ar/archivos/estadisticas/SantaFeenCifras2014.pdf>
- Wikipedia. (Sin fecha). Ley de Residuos Peligrosos. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Residuos_Peligrosos
- Gobierno de Santa Fe, portal. Información consultada en: <https://www.santafe.gob.ar/index.ph>
- InfoLEG. (Sin fecha). Información Legislativa y Documental. Recuperado de: <http://www.infoleg.gob.ar/>
- Renpre. (Sin fecha). Manuales y anexos. Recuperado de: <http://www.renpre.gov.ar/tutoriales.ph>
- Vicente Conesa Fdez. Vítora, Vicente Conesa Ripoll, Verónica Capella Catayud, L. Alberto Conesa Ripoll “Auditorías Medioambientales: Guía Metodológica” 2º Edición, Ediciones Mundi-Prensa, 1997 Bilbao, España.
- Vicente Conesa Fdez.-Vítora, Vicente Conesa Ripoll, Luis A. Conesa Ripoll, Vicente Ros Garo “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental” 3º Edición, reimpresión, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 2003.
- Alejandro Mauricio Hammeken Arana, Eduardo Romero García, “Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula - Evaluación de impacto ambiental”, fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo9.pdf

- Gareis M. C., Ferraro R. F., “Ponderación de los impactos ambientales generados por la instalación de un parque eólico”, fuente: http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2011/hyfusen_2011/trabajos/10-080.pdf

12. Anexos

12.1. Anexo I: Ley 25.675: Ley general del ambiente

Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de la política ambiental. Presupuesto mínimo. Competencia judicial. Instrumentos de política y gestión. Ordenamiento ambiental. Evaluación de impacto ambiental. Educación e información. Participación ciudadana. Seguro ambiental y fondo de restauración. Sistema Federal Ambiental. Ratificación de acuerdos federales. Autogestión. Daño ambiental. Fondo de Compensación Ambiental.

Sancionada: Noviembre 6 de 2002

Promulgada parcialmente: Noviembre 27 de 2002

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc. sancionan con fuerza de Ley:

LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Bien jurídicamente protegido

ARTICULO 1º — La presente ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

ARTICULO 2º — La política ambiental nacional deberá cumplir los siguientes objetivos:

- a) Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas;
- b) Promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, en forma prioritaria;
- c) Fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión;
- d) Promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales;
- e) Mantener el equilibrio y dinámica de los sistemas ecológicos;
- f) Asegurar la conservación de la diversidad biológica;
- g) Prevenir los efectos nocivos o peligrosos que las actividades antrópicas generan sobre el ambiente para posibilitar la sustentabilidad ecológica, económica y social del desarrollo;

- h) Promover cambios en los valores y conductas sociales que posibiliten el desarrollo sustentable, a través de una educación ambiental, tanto en el sistema formal como en el no formal;
- i) Organizar e integrar la información ambiental y asegurar el libre acceso de la población a la misma;
- j) Establecer un sistema federal de coordinación interjurisdiccional, para la implementación de políticas ambientales de escala nacional y regional
- k) Establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental.

ARTICULO 3º — La presente ley regirá en todo el territorio de la Nación, sus disposiciones son de orden público, operativas y se utilizarán para la interpretación y aplicación de la legislación específica sobre la materia, la cual mantendrá su vigencia en cuanto no se oponga a los principios y disposiciones contenidas en ésta.

Principios de la política ambiental

ARTICULO 4º — La interpretación y aplicación de la presente ley, y de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política Ambiental, estarán sujetas al cumplimiento de los siguientes principios:

Principio de congruencia: La legislación provincial y municipal referida a lo ambiental deberá ser adecuada a los principios y normas fijadas en la presente ley; en caso de que así no fuere, éste prevalecerá sobre toda otra norma que se le oponga.

Principio de prevención: Las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir.

Principio precautorio: Cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente. .

Principio de equidad intergeneracional: Los responsables de la protección ambiental deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras.

Principio de progresividad: Los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual, a través de metas interinas y finales, proyectadas en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos.

Principio de responsabilidad: El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.

Principio de subsidiariedad: El Estado nacional, a través de las distintas instancias de la administración pública, tiene la obligación de colaborar y, de ser necesario, participar en forma complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y protección ambientales.

Principio de sustentabilidad: El desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente, de manera tal, que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras.

Principio de solidaridad: La Nación y los Estados provinciales serán responsables de la prevención y mitigación de los efectos ambientales transfronterizos adversos de su propio accionar, así como de la minimización de los riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos.

Principio de cooperación: Los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos serán utilizados en forma equitativa y racional, El tratamiento y mitigación de las emergencias ambientales de efectos transfronterizos serán desarrollados en forma conjunta.

ARTICULO 5° — Los distintos niveles de gobierno integrarán en todas sus decisiones y actividades previsiones de carácter ambiental, tendientes a asegurar el cumplimiento de los principios enunciados en la presente ley.

Presupuesto mínimo

ARTICULO 6° — Se entiende por presupuesto mínimo, establecido en el artículo 41 de la Constitución Nacional, a toda norma que concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio nacional, y tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental. En su contenido, debe prever las condiciones necesarias para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos, mantener su capacidad de carga y, en general, asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable.

Competencia judicial

ARTICULO 7° — La aplicación de esta ley corresponde a los tribunales ordinarios según corresponda por el territorio, la materia, o las personas.

En los casos que el acto, omisión o situación generada provoque efectivamente degradación o contaminación en recursos ambientales interjurisdiccionales, la competencia será federal.

Instrumentos de la política y la gestión ambiental

ARTICULO 8° — Los instrumentos de la política y la gestión ambiental serán los siguientes:

1. El ordenamiento ambiental del territorio
2. La evaluación de impacto ambiental.

3. El sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas.
4. La educación ambiental.
5. El sistema de diagnóstico e información ambiental.
6. El régimen económico de promoción del desarrollo sustentable.

Ordenamiento ambiental

ARTICULO 9° — El ordenamiento ambiental desarrollará la estructura de funcionamiento global del territorio de la Nación y se generan mediante la coordinación interjurisdiccional entre los municipios y las provincias, y de éstas y la ciudad de Buenos Aires con la Nación, a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA); el mismo deberá considerar la concertación de intereses de los distintos sectores de la sociedad entre sí, y de éstos con la administración pública.

ARTICULO 10. — El proceso de ordenamiento ambiental, teniendo en cuenta los aspectos políticos, físicos, sociales, tecnológicos, culturales, económicos, jurídicos y ecológicos de la realidad local, regional y nacional, deberá asegurar el uso ambientalmente adecuado de los recursos ambientales, posibilitar la máxima producción y utilización de los diferentes ecosistemas, garantizar la mínima degradación y desaprovechamiento y promover la participación social, en las decisiones fundamentales del desarrollo sustentable.

Asimismo, en la localización de las distintas actividades antrópicas y en el desarrollo de asentamientos humanos, se deberá considerar, en forma prioritaria:

- a) La vocación de cada zona o región, en función de los recursos ambientales y la sustentabilidad social, económica y ecológica;
- b) La distribución de la población y sus características particulares;
- c) La naturaleza y las características particulares de los diferentes biomas;
- d) Las alteraciones existentes en los biomas por efecto de los asentamientos humanos, de las actividades económicas o de otras actividades humanas o fenómenos naturales;
- e) La conservación y protección de ecosistemas significativos.

Evaluación de impacto ambiental

ARTICULO 11. — Toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución,

ARTICULO 12. — Las personas físicas o jurídicas darán inicio al procedimiento con la presentación de una declaración jurada, en la que se manifieste si las obras o actividades afectarán el ambiente. Las autoridades competentes determinarán la presentación de un estudio de impacto ambiental, cuyos requerimientos estarán detallados en ley particular y, en consecuencia, deberán realizar una evaluación de impacto ambiental y emitir una declaración de impacto ambiental en la que se manifieste la aprobación o rechazo de los estudios presentados.

ARTICULO 13. — Los estudios de impacto ambiental deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos.

Educación ambiental

ARTICULO 14. — La educación ambiental constituye el instrumento básico para generar en los ciudadanos, valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado, propendan a la preservación de los recursos naturales y su utilización sostenible, y mejoren la calidad de vida de la población.

ARTICULO 15. — La educación ambiental constituirá un proceso continuo y permanente, sometido a constante actualización que, como resultado de la orientación y articulación de las diversas disciplinas y experiencias educativas, deberá facilitar la percepción integral del ambiente y el desarrollo de una conciencia ambiental,

Las autoridades competentes deberán coordinar con los consejos federales de Medio Ambiente (COFEMA) y de Cultura y Educación, la implementación de planes y programas en los sistemas de educación, formal y no formal.

Las jurisdicciones, en función de los contenidos básicos determinados, instrumentarán los respectivos programas o currículos a través de las normas pertinentes.

Información ambiental

ARTICULO 16. — Las personas físicas y jurídicas, públicas o privadas, deberán proporcionar la información que esté relacionada con la calidad ambiental y referida a las actividades que desarrollan.

Todo habitante podrá obtener de las autoridades la información ambiental que administren y que no se encuentre contemplada legalmente como reservada.

ARTICULO 17. — La autoridad de aplicación deberá desarrollar un sistema nacional integrado de información que administre los datos significativos y relevantes del ambiente, y evalúe la información ambiental disponible; asimismo, deberá proyectar y mantener un sistema de toma de datos sobre los

parámetros ambientales básicos, estableciendo los mecanismos necesarios para la instrumentación efectiva a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA).

ARTICULO 18. — Las autoridades serán responsables de informar sobre el estado del ambiente y los posibles efectos que sobre él puedan provocar las actividades antrópicas actuales y proyectadas.

El Poder Ejecutivo, a través de los organismos competentes, elaborará un informe anual sobre la situación ambiental del país que presentará al Congreso de la Nación. El referido informe contendrá un análisis y evaluación sobre el estado de la sustentabilidad ambiental en lo ecológico, económico, social y cultural de todo el territorio nacional.

Participación ciudadana

ARTICULO 19. — Toda persona tiene derecho a ser consultada y a opinar en procedimientos administrativos que se relacionen con la preservación y protección del ambiente, que sean de incidencia general o particular, y de alcance general.

ARTICULO 20. — Las autoridades deberán institucionalizar procedimientos de consultas o audiencias públicas como instancias obligatorias para la autorización de aquellas actividades que puedan generar efectos negativos y significativos sobre el ambiente.

La opinión u objeción de los participantes no será vinculante para las autoridades convocantes; pero en caso de que éstas presenten opinión contraria a los resultados alcanzados en la audiencia o consulta pública deberán fundamentarla y hacerla pública.

ARTICULO 21. — La participación ciudadana deberá asegurarse, principalmente, en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental y en los planes y programas de ordenamiento ambiental del territorio, en particular, en las etapas de planificación y evaluación de resultados.

Seguro ambiental y fondo de restauración

ARTICULO 22. — Toda persona física o jurídica, pública o privada, que realice actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos, deberá contratar un seguro de cobertura con entidad suficiente para garantizar el financiamiento de la recomposición del daño que en su tipo pudiere producir; asimismo, según el caso y las posibilidades, podrá integrar un fondo de restauración ambiental que posibilite la instrumentación de acciones de reparación.

Sistema Federal Ambiental

ARTICULO 23. — Se establece el Sistema Federal Ambiental con el objeto de desarrollar la coordinación de la política ambiental, tendiente al logro del desarrollo sustentable, entre el gobierno nacional, los gobiernos provinciales y el de la Ciudad de Buenos Aires. El mismo será instrumentado a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA).

ARTICULO 24. — El Poder Ejecutivo propondrá a la Asamblea del Consejo Federal de Medio Ambiente el dictado de recomendaciones o de resoluciones, según corresponda, de conformidad con el Acta Constitutiva de ese organismo federal, para la adecuada vigencia y aplicación efectiva de las leyes de presupuestos mínimos, las complementarias provinciales, y sus reglamentaciones en las distintas jurisdicciones.

Ratificación de acuerdos federales

ARTICULO 25. — Se ratifican los siguientes acuerdos federales:

1. Acta Constitutiva del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), suscrita el 31 de agosto de 1990, en la ciudad de La Rioja, cuyo texto integra la presente ley como anexo I.
2. Pacto Federal Ambiental, suscrito el 5 de junio de 1993, en la ciudad de Buenos Aires, cuyo texto integra la presente ley como anexo II.

Autogestión

ARTICULO 26. — Las autoridades competentes establecerán medidas tendientes a:

- a) La instrumentación de sistemas de protección de la calidad ambiental que estén elaborados por los responsables de actividades productivas riesgosas;
- b) La implementación de compromisos voluntarios y la autorregulación que se ejecuta a través de políticas y programas de gestión ambiental;
- c) La adopción de medidas de promoción e incentivos. Además, se deberán tener en cuenta los mecanismos de certificación realizados por organismos independientes, debidamente acreditados y autorizados.

Daño ambiental

ARTICULO 27. — El presente capítulo establece las normas que regirán los hechos o actos jurídicos, lícitos o ilícitos que, por acción u omisión, causen daño ambiental de incidencia colectiva. Se define el daño ambiental como toda alteración relevante que modifique negativamente el ambiente, sus recursos, el equilibrio de los ecosistemas, o los bienes o valores colectivos.

ARTICULO 28. — El que cause el daño ambiental será objetivamente responsable de su restablecimiento al estado anterior a su producción. En caso de que no sea técnicamente factible, la indemnización sustitutiva que determine la justicia ordinaria interviniente, deberá depositarse en el Fondo de Compensación Ambiental que se crea por la presente, el cual será administrado por la autoridad de aplicación, sin perjuicio de otras acciones judiciales que pudieran corresponder.

ARTICULO 29. — La exención de responsabilidad sólo se producirá acreditando que, a pesar de haberse adoptado todas las medidas destinadas a evitarlo y sin mediar culpa concurrente del responsable, los daños se produjeron por culpa exclusiva de la víctima o de un tercero por quien no debe responder.

La responsabilidad civil o penal, por daño ambiental, es independiente de la administrativa. Se presume iuris tantum la responsabilidad del autor del daño ambiental, si existen infracciones a las normas ambientales administrativas.

ARTICULO 30. — Producido el daño ambiental colectivo, tendrán legitimación para obtener la recomposición del ambiente dañado, el afectado, el Defensor del Pueblo y las asociaciones no gubernamentales de defensa ambiental, conforme lo prevé el artículo 43 de la Constitución Nacional, y el Estado nacional, provincial o municipal; asimismo, quedará legitimado para la acción de recomposición o de indemnización pertinente, la persona directamente damnificada por el hecho dañoso acaecido en su jurisdicción.

Deducida demanda de daño ambiental colectivo por alguno de los titulares señalados, no podrán interponerla los restantes, lo que no obsta a su derecho a intervenir como terceros.

Sin perjuicio de lo indicado precedentemente toda persona podrá solicitar, mediante acción de amparo, la cesación de actividades generadoras de daño ambiental colectivo.

ARTICULO 31. — Si en la comisión del daño ambiental colectivo, hubieren participado dos o más personas, o no fuere posible la determinación precisa de la medida del daño aportado por cada responsable, todos serán responsables solidariamente de la reparación frente a la sociedad, sin perjuicio, en su caso, del derecho de repetición entre sí para lo que el juez interviniente podrá determinar el grado de responsabilidad de cada persona responsable.

En el caso de que el daño sea producido por personas jurídicas la responsabilidad se haga extensiva a sus autoridades y profesionales, en la medida de su participación.

ARTICULO 32. — La competencia judicial ambiental será la que corresponda a las reglas ordinarias de la competencia. El acceso a la jurisdicción por cuestiones ambientales no admitirá restricciones de ningún tipo o especie. El juez interviniente podrá disponer todas las medidas necesarias para ordenar, conducir o probar los hechos dañosos en el proceso, a fin de proteger efectivamente el interés general. Asimismo, en su Sentencia, de acuerdo a las reglas de la sana crítica, el juez podrá extender su fallo a cuestiones no sometidas expresamente su consideración por las partes.

En cualquier estado del proceso, aun con carácter de medida precautoria, podrán solicitarse medidas de urgencia, aun sin audiencia de la parte contraria, prestando debida caución por los daños y perjuicios que pudieran producirse. El juez podrá, asimismo, disponerlas, sin petición de parte.

ARTICULO 33. — Los dictámenes emitidos por organismos del Estado sobre daño ambiental, agregados al proceso, tendrán la fuerza probatoria de los informes periciales, sin perjuicio del derecho de las partes a su impugnación.

La sentencia hará cosa juzgada y tendrá efecto erga omnes, a excepción de que la acción sea rechazada, aunque sea parcialmente, por cuestiones probatorias.

Del Fondo de Compensación Ambiental

ARTICULO 34. — Créase el Fondo de Compensación Ambiental que será administrado por la autoridad competente de cada jurisdicción y estará destinado a garantizar la calidad ambiental, la prevención y mitigación de efectos nocivos o peligrosos sobre el ambiente, la atención de emergencias ambientales; asimismo, a la protección, preservación, conservación o compensación de los sistemas ecológicos y el ambiente.

Las autoridades podrán determinar que dicho fondo contribuya a sustentar los costos de las acciones de restauración que puedan minimizar el daño generado.

La integración, composición, administración y destino de dicho fondo serán tratados por ley especial.

ARTICULO 35. — Comuníquese al Poder Ejecutivo.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONGRESO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, A LOS SEIS DIAS DEL MES DE NOVIEMBRE DEL AÑO DOS MIL DOS.

REGISTRADA BAJO EL N° 25.675 —

EDUARDO O. CAMAÑO.—JUAN C. MAQUEDA. — Eduardo D. Rollano.— Juan C. Oyarzún.

ANEXO I

Acta Constitutiva del Consejo Federal de Medio Ambiente

Las altas partes signatarias:

Declaran:

Reconociendo: Que la preservación y conservación del ambiente en el territorio del país requiere para el mejoramiento de la calidad de vida una política coordinada y participativa, en virtud de que el sistema ambiental es una complejidad que trasciende las fronteras políticas provinciales.

Que el federalismo es un sistema político de distribución territorial de las competencias que puede resolver con eficacia la administración local de los problemas ambientales.

Que resulta igualmente apto para generar una política ambiental de integración entre las provincias y el gobierno federal.

Que nos hallamos frente a un problema de carácter universal que constituye uno de los grandes desafíos que enfrenta la comunidad internacional.

Considerando: Que el ambiente es un patrimonio común de la sociedad y que de su equilibrio depende la vida y las posibilidades de desarrollo del país.

Que la coordinación entre los distintos niveles gubernativos y sociales son indispensables para la eficacia de las acciones ambientales.

Que los recursos ambientales deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, con equilibrio e integridad.

Que la difusión de tecnologías apropiadas para el manejo del medio ambiente, la información ambiental y la formación de una conciencia pública sobre la preservación del entorno son esenciales en la formulación de la política ambiental.

Por ello los estados signatarios acuerdan lo siguiente:

Creación, objeto y constitución

Artículo 1º: Créase el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) como organismo permanente para la concertación y elaboración de una política ambiental coordinada entre los Estados miembros.

Artículo 2º: El COFEMA tendrá los siguientes objetivos:

1. Formular una política ambiental integral, tanto en lo preventivo como en lo correctivo, en base a los diagnósticos correspondientes, teniendo en consideración las escales locales, provinciales, regionales, nacionales e internacionales.
2. Coordinar estrategias y programas de gestión regionales en el medio ambiente, propiciando políticas de concertación como modo permanente de accionar, con todos los sectores de la Nación involucrados en la problemática ambiental.
3. Formular políticas de utilización conservante de los recursos del medio ambiente.
4. Promover la planificación del crecimiento y desarrollo económico con equidad social en armonía con el medio ambiente.
5. Difundir el concepto de que la responsabilidad en la protección y/o preservación del ambiente debe ser compartida entre la comunidad y el Estado.

6. Promover el ordenamiento administrativo para la estrategia y gestión ambiental en la Nación, provincias y municipios.
7. Exigir y controlar la realización de estudios de impacto ambiental, en emprendimientos de efectos interjurisdiccionales, nacionales e internacionales.
8. Propiciar programas y acciones de educación ambiental, tanto en el sistema educativo formal como en el informal, tendientes a elevar la calidad de vida de la población.
9. Fijar y actualizar los niveles exigidos de calidad ambiental y realizar estudios comparativos, propiciando la unificación de variables y metodologías para el monitoreo de los recursos ambientales en todo el territorio nacional.
10. Constituir un banco de datos y proyectos ambientales.
11. Gestionar el financiamiento internacional de proyectos ambientales.

Artículo 3º: El COFEMA será una persona jurídica de derecho público constituida por los Estados que lo ratifiquen, el Gobierno federal y las Provincias que adhieran con posterioridad y la Ciudad de Buenos Aires.

Artículo 4º: Los estados partes se obligan a adoptar a través del poder que corresponda las reglamentaciones y normas generales que resuelva la Asamblea cuando se expida en forma de resolución.

En caso de incumplimiento o de negatoria expresa, la Asamblea en la reunión ordinaria inmediata, considerará las alternativas de adecuación al régimen general que presentare el estado miembro o la Secretaría Ejecutiva.

Composición del COFEMA

Artículo 5º: El COFEMA estará integrado por la Asamblea. La Secretaría Ejecutiva y la Secretaría Administrativa.

De la Asamblea

Artículo 6º: La Asamblea es el órgano superior del Consejo con facultad de decisión, y como tal, es la encargada de fijar la política general y la acción que éste debe seguir.

Estará integrada por un ministro o funcionario representante titular o por su suplente, designados expresamente por el Poder o Departamento o Ejecutivo de los Estados miembros.

Artículo 7º: La Asamblea elegirá entre sus miembros presentes por una mayoría de dos tercios de sus votos, un presidente que durará en sus funciones hasta la sesión de la próxima Asamblea Ordinaria.

Artículo 8º: Las Asambleas serán ordinarias y extraordinarias.

Las ordinarias se reunirán dos veces al año en el lugar y fecha que indique la Asamblea anterior.

Las extraordinarias se convocarán a pedido de una tercera parte de los miembros del Consejo o por la Secretaría Ejecutiva.

Artículo 9º: La Asamblea se expedirá en forma de:

- a) Recomendación: determinación que no tendrá efecto vinculante para los estados miembros.
- b) Resolución: decisión con efecto vinculante para los estados miembros.

Atribuciones de la Asamblea

Artículo 10º: Serán atribuciones de la Asamblea:

- a) Dictar el reglamento de funcionamiento del Consejo.
- b) Establecer y adoptar todas las medidas y normas generales para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el artículo 2º.
- c) Proponer los aportes que deberán realizar los estados miembros para el sostenimiento del organismo.
- d) Aprobar el proyecto de presupuesto anual del consejo que deberá presentar la Secretaría Ejecutiva.
- e) Dictar las normas para la designación del personal.
- f) Crear las comisiones y consejos asesores necesarios para el cumplimiento de sus fines.
- g) Aprobar anualmente un informe ambiental elaborado por la Secretaría Ejecutiva y que será difundido en los Estados miembros.
- h) Evaluar la gestión de la Secretaría Ejecutiva.

Quórum y votación

Artículo 11º: La Asamblea deberá sesionar con un quórum formado por la mitad de los miembros del Consejo.

Artículo 12º: Cada miembro de la Asamblea tendrá derecho a un voto.

Artículo 13º: Las decisiones de la Asamblea serán tomadas por el voto de la mitad más uno de sus miembros presentes, salvo cuando se estipule una mayoría superior.

Artículo 14º: La Secretaría Ejecutiva presidida por el presidente de la asamblea será el órgano ejecutivo y de control. Expedirá las instrucciones necesarias para el cumplimiento de estas resoluciones, indicando en el informe pertinente, que elevará a la asamblea ordinaria, las dificultades y alternativas que crea oportunas.

Artículo 15º: La Secretaría Ejecutiva estará formada por un delegado de cada una de las regiones en que la Asamblea resuelva dividir el país.

La representación será anual y rotativa entre los miembros que formen cada región.

Artículo 16º: La Secretaría Ejecutiva comunicará fehacientemente la convocatoria a asamblea, con una antelación de no menos de diez días y debiendo incluirse el orden del día de la misma.

Artículo 17º: La Secretaría Ejecutiva promoverá la concertación de acuerdos entre los Estados miembros a fin de integrar las jurisdicciones.

De la Secretaría Administrativa

Artículo 18º: La Secretaría Administrativa será designada y organizada por la Asamblea Ordinaria.

Artículo 19º: Sus funciones serán la gestión administrativa y presupuestaria del organismo.

Disposiciones complementarias

Artículo 20º: El presente acuerdo será ratificado por los miembros de conformidad con sus respectivos procedimientos legales.

No se adquirirá la calidad de miembro hasta que este procedimiento se haya concluido.

Artículo 21º: La ratificación y adhesiones posteriores deberán contener la aceptación o rechazo liso y llano del mismo, sin introducir modificaciones.

Artículo 22º: Las ratificaciones y adhesiones serán entregadas a la Secretaría Administrativa, la cual notificará su recepción a todos los miembros.

Artículo 23º: La sede del COFEMA estará constituida en la jurisdicción que representa el presidente de la Asamblea.

Artículo 24º: Para la modificación de la presente acta se requerirá el voto de las dos terceras partes de los Estados miembros.

Artículo 25º: El presente Acuerdo podrá ser denunciado por los miembros del COFEMA con un aviso previo de noventa días y será comunicado, en forma fehaciente, al presidente de la Asamblea, quedando excluido, desde entonces, de los alcances del mismo.

Disposiciones transitorias

Artículo 26º: La Secretaría Administrativa corresponderá hasta su constitución definitiva al representante de la Provincia de La Rioja.

Artículo 27º: EL COFEMA comenzará a funcionar a los noventa días corridos, contados desde la fecha de la Asamblea constitutiva, siempre que durante ese lapso haya sido ratificado este acuerdo, o han adherido, al menos siete jurisdicciones, o después de esa fecha, si este número de miembros se alcanzase.

Artículo 28º: Los firmantes de la presente acta, quienes actúan a referéndum de los Poderes Provinciales representan a las siguientes jurisdicciones: Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Formosa, La Rioja, Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, Neuquén, Salta, San Juan, Santa Fe y Tucumán. Firmado: Doctora Cristina Maiztegui, asesora de la Comisión Interministerial de Política Ambiental, Asesoría General de Gobierno, Provincia de Buenos Aires: Arquitecta Julia Mercedes Corpacci, Directora de Medio Ambiente, Provincia de Catamarca; Ingeniero Daniel Esteban Di Giusto, Subsecretario de Gestión Ambiental, Provincia de Córdoba, Señor Emilio Eduardo Díaz, Subsecretario de Recursos Naturales y Ecología, provincia de Formosa; Arquitecto Mauro Nicolás Bazán, Director General de Gestión Ambiental, Provincia de La Rioja; Arquitecto Ricardo Jílek, Director General de Medio Ambiente, Provincia de Mendoza; Licenciado Alberto Morán, Subsecretario de Medio Ambiente, Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires; Licenciada Janett S. De Yankelevich, Directora General de Gestión Ambiental, Provincia del Neuquén; Arquitecto Sergio Perota, miembro del Consejo Provincial de Medio Ambiente, Provincia de Salta; Licenciado Federico Ozollo, Asesor del Ministerio de Acción Social y Salud Pública, Provincia de San Juan; Ingeniero Jorge Alberto Hammerly, Director General de Saneamiento Ambiental; Ingeniero Julio Oscar Graieb, Director General de Saneamiento Ambiental, Provincia de Tucumán. Previa lectura y ratificación se firman doce (12) ejemplares de un mismo tenor a sus efectos, en la ciudad de La Rioja a los treinta y un (31) días del mes de agosto de 1990.

ANEXO II

Pacto Federal Ambiental

En la ciudad de Buenos Aires, capital de la República Argentina, a los cinco días del mes de julio del año mil novecientos noventa y tres.

En presencia del señor Presidente de la Nación, Doctor Carlos Saúl Menem, señor Ministro del Interior, Doctor Gustavo Beliz, la señora Secretaria de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano y señores Gobernadores de las Provincias de Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Corrientes, Chaco, Chubut, Entre Ríos Formosa, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Misiones, Neuquén, Río Negro, Salta, San Juan, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero, Tierra del Fuego, Tucumán, y el señor Intendente de la Ciudad de Buenos Aires.

Las autoridades signatarias declaran:

Considerando:

Que la preservación, conservación mejoramiento y recuperación del ambiente son objetivos de acciones inminentes que han adquirido dramática actualidad, desde el momento en que se ha tomado conciencia de que el desarrollo económico no puede estar desligado de la protección ambiental.

Que esta situación compromete, no solo a todos los estratos gubernamentales de la República, sino también, a cada uno de los ciudadanos, cualquiera sea su condición social o función.

Que la voluntad reflejada en el Pacto Federal firmado en la ciudad de Luján, el 24 de mayo de 1990, y los compromisos contraídos ante el mundo en la CNUMAD '92, hace indispensable crear los mecanismos federales que La Constitución Nacional contempla y, en cumplimiento de ese compromiso, resulta oportuno reafirmar el espíritu y la acción federal en materia de recursos naturales y medio ambiente.

En consecuencia:

La Nación y las Provincias aquí representadas acuerdan:

I. - El objetivo del presente acuerdo es promover políticas ambientalmente adecuadas en todo el territorio nacional, estableciendo Acuerdos Marcos entre los Estados Federales y entre estos y la nación, que agilicen y den mayor eficiencia a la preservación del ambiente teniendo como referencia a los postulados del Programa 21 aprobado en la CNUMAD '92.

II. - Promover a nivel provincial la unificación y/o coordinación de todos los organismos que se relacionen con la temática ambiental, concentrando en el máximo nivel posible la fijación de las políticas de recursos naturales y medio ambiente.

III. - Los Estados signatarios reconocen al Consejo Federal de Medio Ambiente como un instrumento válido para la coordinación de la política ambiental en la República Argentina.

IV. - Los Estados signatarios se comprometen a compatibilizar e instrumentar en sus jurisdicciones la legislación ambiental.

V. - En materia de desarrollo de una conciencia ambiental, los Estados signatarios se comprometen a impulsar y adoptar políticas de educación, investigación científico-tecnológica, capacitación, formación y participación comunitaria que conduzcan a la protección y preservación del ambiente.

VI. - Los señores gobernadores propondrán ante sus respectivas legislaturas provinciales la ratificación por ley del presente acuerdo, si correspondiere.

VII. - El Estado Nacional designa ante el Consejo Federal de Medio Ambiente, para la implementación de las acciones a desarrollarse a efectos de cumplimentar los principios contenidos en este Acuerdo, a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano de la Nación.

12.2. Anexo II: Ley 25.612: Gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio.

Presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios. Objetivos y exclusiones. Niveles de riesgos. Generadores. Tecnologías y registros. Manifiesto. Plantas de tratamiento y disposición final. Responsabilidad civil. Responsabilidad administrativa. Autoridad de aplicación.

Sanción: 03/07/2002; Promulgación: 25/07/2002; Boletín Oficial 29/07/2002.

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc. sancionan con fuerza de Ley:

Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios

TITULO I

Capítulo I

De las disposiciones generales

Artículo 1º.- Las disposiciones de la presente ley establecen los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional, y sean derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Se entiende por proceso industrial, toda actividad, procedimiento, desarrollo u operación de conservación, reparación o transformación en su forma, esencia, calidad o cantidad de una materia prima o material para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales.

Se entiende por actividad de servicio, toda actividad que complementa a la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo que determina la presente.

Art. 2º.- Se entiende por residuo industrial a cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

Art. 3º.- Se entiende por gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicio al conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que comprenden las etapas de generación, manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento o disposición final de los mismos, y que reducen o

eliminan los niveles de riesgo en cuanto a su peligrosidad, toxicidad o nocividad, según lo establezca la reglamentación, para garantizar la preservación ambiental y la calidad de vida de la población.

Art. 4º.- Los objetivos de la presente ley son los siguientes:

- a) Garantizar la preservación ambiental, la protección de los recursos naturales, la calidad de vida de la población, la conservación de la biodiversidad, y el equilibrio de los ecosistemas;
- b) Minimizar los riesgos potenciales de los residuos en todas las etapas de la gestión integral;
- c) Reducir la cantidad de los residuos que se generan;
- d) Promover la utilización y transferencia de tecnologías limpias y adecuadas para la preservación ambiental y el desarrollo sustentable;
- e) Promover la cesación de los vertidos riesgosos para el ambiente.

Art. 5º.- Quedan excluidos del régimen de la presente ley y sujetos a normativa específica:

- a) Los residuos biopatogénicos;
- b) Los residuos domiciliarios;
- c) Los residuos radiactivos;
- d) Los residuos derivados de las operaciones normales de los buques y aeronaves.

Art. 6º.- Se prohíbe la importación, introducción y transporte de todo tipo de residuos, provenientes de otros países al territorio nacional, y sus espacios aéreo y marítimo; con excepción de aquellos residuos que por reglamentación sean incluidos, previamente, en una lista positiva, aprobados por la autoridad de aplicación y que los interesados demuestren, en forma fehaciente, que serán utilizados como insumos de procesos industriales. Asimismo, cabe la excepción para el tránsito de residuos previsto en convenios internacionales.

CAPITULO II

De los niveles de riesgo

Art. 7º.- La autoridad de aplicación nacional, conforme lo previsto en el artículo 57, incisos a) y c), concertará los niveles de riesgo que poseen los diferentes residuos definidos en el artículo 2º; para ello, se deberán tener en cuenta: los procesos de potencial degradación ambiental que puedan generar, la afectación sobre la calidad de vida de la población, sus características, calidad y cantidad, el origen, proceso o actividad que los genera, y el sitio en el cual se realiza la gestión de los residuos industriales y de actividades de servicio. Asimismo, se deberán respetar las regulaciones establecidas en los convenios internacionales suscriptos.

Art. 8°.- Las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, responsables del control y fiscalización de la gestión integral de los residuos alcanzados por la presente, deberán identificar a los generadores y caracterizar los residuos que producen y clasificarlos, como mínimo, en tres categorías según sus niveles de riesgo bajo, medio y alto.

CAPITULO III

De los generadores

Art. 9°.- Se considera generador, a toda persona física o jurídica, pública o privada, que genere residuos industriales y de actividades de servicio, conforme lo definido en el artículo 1°.

Art. 10.- La responsabilidad del tratamiento adecuado y la disposición final de los residuos industriales es del generador.

Art. 11.- Los generadores de residuos industriales deberán instrumentar las medidas necesarias para:

a) Minimizar la generación de residuos que producen, pudiendo para ello, adoptar programas progresivos de adecuación tecnológica de los procesos industriales, que prioricen la disminución, el reuso, el reciclado o la valorización, conforme lo establezca la reglamentación;

b) Separar en forma apropiada los residuos incompatibles entre sí, evitando el contacto de los mismos en todas las etapas de la gestión, definida en el artículo 2°.

c) Envasar los residuos industriales, cuando las medidas de higiene y seguridad ambientales lo exijan, identificar los recipientes y su contenido, fecharlos y no mezclarlos, conforme lo establezca la reglamentación.

d) Tratar adecuadamente y disponer en forma definitiva los residuos industriales generados por su propia actividad in situ con el fin de lograr la reducción o eliminación de sus características de peligrosidad, nocividad o toxicidad; de no ser posible, deberá hacerlo en plantas de tratamiento o disposición final que presten servicios a terceros debidamente habilitadas, todo ello, conforme lo establezca la reglamentación y las leyes complementarias de la presente. El transporte se efectuará mediante transportistas autorizados, conforme el artículo 23.

e) Reusar sus residuos, como materia prima o insumo de otros procesos productivos, o reciclar los mismos.

Art. 12.- Los generadores deberán presentar periódicamente una declaración jurada en la que se especifiquen los datos identificatorios y las características de los residuos industriales, como así también, los procesos que los generan. La misma deberá ser exigida por las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En el caso previsto en el artículo 11 inciso e) dicha declaración jurada deberá ser avalada por los estudios técnicos pertinentes y suscripta por quien reuse o recicle los residuos, previa autorización por parte de la autoridad competente.

Art. 13.- Todo generador de residuos industriales deberá brindar, a la autoridad competente, la información necesaria para la correcta determinación de las características físicas, químicas y/o biológicas de cada uno de los residuos que se generen, y especificarlos cuali y cuantitativamente.

Art. 14.- Las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires deberán establecer medidas promocionales para aquellos generadores que implementen programas de adecuación tecnológica, como resultado de una gestión ambiental integral, que estén aprobados por parte de las mismas, y destinados a mejorar los procesos industriales y productivos, en cuanto a la reducción de la contaminación ambiental, la cesación de los vertidos riesgosos sobre los recursos naturales, y la disminución de riesgos ambientales que pudiere ocasionar por el ejercicio de su actividad, conforme a las leyes complementarias de la presente que sancionen las distintas jurisdicciones.

Art. 15.- A partir de la aprobación de los programas de adecuación aquellos generadores que establece el artículo 14 estarán integrados a un sistema diferencial de control, según lo determinen las leyes complementarias provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Art. 16.- Todo generador de residuos industriales, en calidad de dueño de los mismos, es responsable de todo daño producido por éstos, en los términos del Título II de la presente ley.

CAPITULO IV

De las tecnologías

Art. 17.- La autoridad de aplicación establecerá las características mínimas y necesarias que deben poseer las diferentes tecnologías a ser aplicadas en la gestión integral de los residuos industriales, teniendo en cuenta el mejoramiento de las condiciones ambientales y la calidad de vida de la población y la reducción de los niveles de riesgos que pudieren producir.

Art. 18.- Los generadores deberán fundamentar ante las autoridades correspondientes la elección de las tecnologías a utilizar en la gestión integral de los residuos industriales.

CAPITULO V

De los registros

Art. 19.- Las autoridades provinciales y la de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, llevarán y mantendrán actualizados los registros que correspondan, en el que deberán inscribirse todas las personas físicas o jurídicas responsables. de la generación, manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos industriales. La información obtenida por los mismos deberá integrarse en un Sistema de

Información Integrado, que será administrado por la autoridad ambiental nacional y de libre acceso para la población, a excepción de la información que deba considerarse de acceso restringido, por afectar derechos adquiridos o a la seguridad nacional.

Art. 20.- La autoridad de aplicación nacional establecerá los requisitos mínimos y comunes para la inscripción en los diferentes registros, teniendo en cuenta las características del Sistema de Información Integrado.

CAPITULO VI

Del manifiesto

Art. 21.- La naturaleza y cantidad de residuos, su origen y transferencia del generador al transportista, y de éste a la planta de tratamiento o disposición final, así como los procesos de tratamiento o eliminación a los que fueren sometidos, y cualquier otra operación que respecto de los mismos se realizare, quedará documentada en un instrumento con carácter de declaración jurada, que llevará la denominación de manifiesto.

Art. 22.- La autoridad de aplicación nacional determinará las características mínimas comunes de la información que debe contener y los mecanismos de utilización del manifiesto.

CAPITULO VII

De los transportistas

Art. 23.- Las personas físicas y jurídicas responsables del transporte de residuos, sólo podrán recibir y transportar aquellos que estén acompañados del correspondiente manifiesto. Los residuos industriales y de actividades de servicio transportados serán entregados en su totalidad y, únicamente, en los lugares autorizados por las autoridades correspondientes, para su almacenamiento, tratamiento o disposición final, que el generador determine.

Art. 24.- Si por situación especial o de emergencia, los residuos no pudieren ser entregados en la planta de tratamiento, almacenamiento o disposición final indicada en el manifiesto, el transportista deberá comunicar esta situación inmediatamente al generador y tomar las medidas necesarias para garantizar en todo momento lo indicado en el artículo 4° de la presente.

Art. 25.- La autoridad de aplicación nacional determinará las obligaciones a las que deberán ajustarse los transportistas de residuos industriales y de actividades de servicio.

Art. 26.- Cuando el transporte de los residuos tenga que realizarse fuera de los límites provinciales o de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, deberá existir convenio previo entre las jurisdicciones intervinientes, y por el cual, se establezcan las condiciones y características del mismo, conforme lo prevean las normas de las partes intervinientes.

Las autoridades ambientales provinciales podrán determinar excepciones cuando el nivel de riesgo de los residuos sea bajo o nulo y sólo sean utilizados como insumo de otro proceso productivo.

Art. 27.- Todo transportista deberá asegurar la recomposición de los posibles daños ambientales que su actividad pudiera causar; para ello podrá dar cobertura a los riesgos ambientales a través de la contratación de un seguro de responsabilidad civil, caución, fianza bancaria, la constitución de un autoseguro o un fondo de reparación, u otra garantía equivalente, según lo determine la reglamentación.

Art. 28.- Todo transportista de residuos es responsable, en calidad de guardián de los mismos, de todo daño producido, durante el transporte desde los lugares de generación hasta los lugares autorizados de almacenamiento, tratamiento o disposición final.

CAPITULO VIII

De las plantas de tratamiento y disposición final

Art. 29.- Se denomina planta de tratamiento a aquellos sitios en los que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier tipo de residuo industrial y de actividades de servicio, de modo tal, que se eliminen o reduzcan sus propiedades nocivas, peligrosas o tóxicas, o se recupere energía y recursos materiales, o se obtenga un residuo de niveles de riesgo menor, o se lo haga susceptible de recuperación o valorización, o más seguro para su transporte o disposición final, bajo normas de higiene y seguridad ambientales que no pongan en riesgo ni afecten la calidad de vida de la población, en forma significativa.

Art. 30.- Se denomina planta de disposición final a los sitios especialmente construidos para el depósito permanente de residuos industriales y de actividades de servicio, que reúnan condiciones tales que se garantice la inalterabilidad de la cantidad y calidad de los recursos naturales, bajo normas de higiene y seguridad ambientales que no pongan en riesgo ni afecten la calidad de vida de la población, en forma significativa.

Art. 31.- Por razones excepcionales y debidamente fundadas, las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires podrán autorizar plantas de almacenamiento, para el depósito transitorio de residuos, bajo normas de higiene y seguridad ambientales que no pongan en riesgo o afecten la calidad de vida de la población, significativamente.

Los criterios de transitoriedad y los plazos de almacenamiento serán determinados por las autoridades correspondientes, en base a fundamentos técnicos y según sean las características ambientales del sitio de emplazamiento, su entorno y los niveles de riesgo de los residuos que se deban almacenar.

Art. 32.- Toda planta de almacenamiento, tratamiento o disposición final de residuos, previo a su habilitación, deberá realizar un estudio de impacto ambiental, el cual deberá ser presentado ante la

autoridad competente, que emitirá una declaración de impacto ambiental, en la que fundamente su aprobación o rechazo. La reglamentación determinará los requisitos mínimos y comunes que deberá contener dicho estudio.

Art. 33.- La autoridad de aplicación nacional acordará con las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en el ámbito del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), las características y contenidos del estudio de impacto ambiental y las condiciones de habilitación de las plantas de almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos industriales y de actividades de servicio, así como las características particulares que deben tener las mismas de acuerdo a la calidad y cantidad de residuos que traten, almacenen o dispongan finalmente.

Art. 34.- Toda planta de almacenamiento, tratamiento o disposición final de residuos industriales deberá llevar un registro de operaciones permanente, en la forma que determine la autoridad competente, cuya información deberá integrarse al Sistema de Información Integrado.

Art. 35.- La autoridad de aplicación nacional acordará con las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los criterios generales sobre las condiciones de cierre de las plantas de almacenamiento, tratamiento o disposición final de residuos, debiéndose garantizar en todo momento la preservación ambiental y la calidad de vida de la población.

Art. 36.- La autoridad de aplicación nacional, conforme lo previsto en el artículo 57, incisos a) y c), establecerá los criterios generales, mínimos y comunes sobre los métodos y la factibilidad de almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos industriales y de actividades de servicio.

Art. 37.- En toda planta de almacenamiento, tratamiento o disposición final de residuos, sus titulares serán responsables, en calidad de guardianes o dueño en el caso que la autoridad competente haya realizado la correspondiente certificación conforme el inciso b) del artículo 43, de todo daño producido por éstos en razón de la actividad que en ella se desarrolla.

Art. 38.- Las personas físicas y jurídicas titulares o responsables de las plantas de almacenamiento, tratamiento o disposición final de residuos, deberán asegurar la recomposición de los posibles daños ambientales que su actividad pudiera causar; para ello podrá dar cobertura a los riesgos ambientales a través de la contratación de un seguro de responsabilidad civil, caución, fianza bancaria, la constitución de un autoseguro o un fondo de reparación, u otra garantía equivalente, según lo determine la reglamentación.

Art. 39.- El uso de la propiedad inmueble para la instalación o funcionamiento de sistemas y plantas de tratamiento o disposición final de residuos deberá ser comunicado para su asiento registral pertinente en el registro de la propiedad que corresponda.

TITULO II

CAPITULO I

De la responsabilidad civil

Art. 40.- Se presume, salvo prueba en contrario, que todo residuo definido según los alcances del artículo 2º, es cosa riesgosa en los términos del segundo párrafo del artículo 1113 del Código Civil, modificado por la Ley 17.711.

Art. 41.- En el ámbito de la responsabilidad extracontractual, no es oponible a terceros la transmisión del dominio o abandono voluntario de los residuos industriales y de actividades de servicio.

Art. 42.- El dueño o guardián de un residuo no se exime de responsabilidad por demostrar la culpa de un tercero por quien no debe responder, cuya acción pudo ser evitada con el empleo del debido cuidado y atendiendo a las circunstancias del caso.

Art. 43.- La responsabilidad del generador por los daños ocasionados por los residuos, no desaparece por la transformación, especificación, desarrollo, evolución o tratamiento de éstos, a excepción de:

- a) Aquellos daños causados por el mayor riesgo que un determinado residuo adquiere como consecuencia de un manejo o tratamiento inadecuado o defectuoso, realizado en cualquiera de las etapas de la gestión integral de los residuos industriales y de actividades de servicio;
- b) Cuando el residuo sea utilizado como insumo de otro proceso productivo, conforme lo determine la reglamentación.

CAPITULO II

De la responsabilidad administrativa

Art. 44.- Toda infracción a las disposiciones de esta ley, su reglamentación y las normas complementarias que en su consecuencia se dicten, será reprimida por la autoridad competente con las siguientes sanciones, que podrán ser acumulativas:

- a) Apercibimiento;
- b) Multa desde 50 (cincuenta) sueldos mínimos de la categoría básica inicial de la administración correspondiente hasta 200 (doscientas) veces ese valor;
- c) Clausura temporaria, parcial o total;
- d) Suspensión de la actividad desde 30 (treinta) días hasta 1 (un) año;
- e) Cancelación definitiva de las habilitaciones e inscripciones de los registros correspondientes.

Estas sanciones se aplicarán con prescindencia de la responsabilidad civil o penal que pudiere imputarse al infractor.

La suspensión o cancelación de la inscripción en los registros implicará el cese de las actividades y la clausura del establecimiento o local, debiéndose efectuar las denuncias penales que pudiere corresponder.

Art. 45.- Las sanciones establecidas en el artículo anterior se aplicarán previa instrucción sumaria que asegure el derecho a la defensa, y se graduarán de acuerdo con la naturaleza de la infracción y riesgo o daño ocasionado.

Art. 46.- En caso de reincidencia, los mínimos y máximos de las sanciones previstas en los incisos b) y c) del artículo 44 podrán multiplicarse por una cifra igual a la cantidad de reincidencias aumentada en una unidad.

Art. 47.- Se considerará reincidente al que, dentro del término de 3 (tres) años anteriores a la fecha de comisión de la infracción, haya sido sancionado por otra infracción, de idéntica o similar causa.

Art. 48.- Las acciones para imponer sanciones por la presente ley prescriben a los 5 (cinco) años contados a partir de la fecha en que la autoridad hubiese tomado conocimiento de la infracción.

Art. 49.- Lo ingresado en concepto de multas a que se refiere el artículo 44, inciso b) serán percibidas por las autoridades provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, según corresponda, para conformar un fondo destinado, exclusivamente, a la restauración y protección ambiental, no pudiendo ser utilizado para otros fines presupuestarios, en cada una de las jurisdicciones, y de acuerdo a lo que establezcan las normas complementarias.

Art. 50.- Cuando el infractor fuere una persona jurídica, los que tengan a su cargo la dirección, administración o gerencia, serán solidariamente responsables de las sanciones establecidas en el artículo 44.

CAPITULO III

De la responsabilidad penal

Art. 51.- Incorporase al Código Penal de la Nación, el presente capítulo sobre delitos ambientales, como, ley complementaria.

Art. 52.- Será reprimido con prisión de 3 (tres) a 10 (diez) años, el que, utilizando residuos industriales y de actividades de servicio, adulterare o contaminare el agua, el suelo, la atmósfera, o poniendo en riesgo la calidad de vida de la población, los seres vivos en general, la diversidad biológica o los sistemas ecológicos.

Si el hecho fuere seguido de la muerte de alguna persona o extinción de una especie de ser vivo, la pena será de 10 (diez) a 25 (veinticinco) años de reclusión o prisión.

Art. 53.- Cuando alguno de los hechos previstos en el artículo anterior fuere cometido por imprudencia o negligencia o por impericia en el propio arte o profesión o por inobservancia de los reglamentos u ordenanzas, se impondrá prisión de 1 (un) mes a 2 (dos) años.

Si resultare enfermedad, lesión o muerte de alguna persona o especie, la pena será de 6 (seis) meses a 5 (cinco) años.

Art. 54.- Cuando alguno de los hechos previstos en los artículos anteriores se hubiesen producido por decisión de una persona jurídica, la pena se aplicará a los directores, gerentes, síndicos, miembros del consejo de vigilancia, administradores, responsable técnico, mandatarios o representantes de la misma que hubiesen intervenido en el hecho punible, sin perjuicio de las demás responsabilidades penales que pudiesen existir.

CAPITULO IV

De la Jurisdicción

Art. 55.- Será competente para conocer de las acciones que derivan de la presente ley la Justicia ordinaria que corresponda.

TITULO III

CAPITULO I

De la Autoridad de Aplicación

Art. 56.- Será autoridad de aplicación de la presente ley el área con competencia ambiental que determine el Poder Ejecutivo.

Art. 57.- Compete a la autoridad de aplicación:

- a) Entender en la determinación de políticas en materia de residuos industriales y de actividades de servicio, en forma coordinada, con las autoridades con competencia ambiental de las provincias y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en el ámbito del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA);
- b) Promocionar la utilización de procesos productivos y métodos de tratamiento que impliquen minimización, reciclado y reutilización de los mismos, y la incorporación de tecnologías más adecuadas para la preservación ambiental;
- c) Formular e implementar, en el ámbito del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicio, el que deberá, entre otros, incluir los parámetros de reducción de los residuos en la etapa generación, y los plazos de cumplimiento;

- d) Asesorar y apoyar a las jurisdicciones locales en los programas de fiscalización y control de los residuos;
- e) Desarrollar un Sistema de Información Integrado, de libre acceso para la población, que administre los datos producidos en cada una de las jurisdicciones, respecto de la gestión integral de los residuos;
- f) Administrar los recursos nacionales y los provenientes de la cooperación internacional, destinados al cumplimiento de la presente ley;
- g) Ejercer todas las demás facultades y atribuciones que por esta ley se le confieren.

TITULO IV

CAPITULO I

Disposiciones Complementarias

Art. 58.- La autoridad de aplicación elaborará y mantendrá actualizado un listado de elementos o sustancias peligrosas, tóxicas o nocivas, contenidas en los residuos industriales y de actividades de servicio, en la que se especifiquen las características de riesgo, y que son resultantes de las diferentes actividades antrópicas abarcadas por esta ley, el cual deberá ser incorporado al Sistema de Información Integrado.

Art. 59.- El Poder Ejecutivo contemplará, mediante la reglamentación de la presente, la instrumentación de incentivos para aquellos generadores que, como resultado de la optimización de sus procesos de producción, cambios de tecnologías o de una gestión ambiental adecuada en general, minimicen la generación de residuos, reutilicen o reciclen los mismos, disminuyendo, en forma significativa los niveles de riesgo que establece el artículo 7°.

Art. 60.- Derógase la Ley 24.051 y toda norma o disposición que se oponga a la presente.

Hasta tanto se sancione una ley específica de presupuestos mínimos sobre gestión de residuos patológicos, se mantendrá vigente lo dispuesto en la Ley 24.051 y sus anexos, respecto de la materia.

Asimismo, hasta que la reglamentación establezca la creación de los diferentes registros determinados por la presente, se mantendrán vigentes los anexos y registros contenidos en dicha ley.

Art. 61.- Se recomienda a los estados provinciales y a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a dictar normas complementarias a la presente en los términos del artículo 41 de la Constitución Nacional, y al Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) a que proponga las políticas para la implementación de la presente ley.

Art. 62.- El Poder Ejecutivo reglamentará la presente ley dentro de los 120 (ciento veinte) días corridos a partir de su promulgación.

Art. 63.- La presente ley será de orden público.

Art. 64.- Comuníquese al Poder Ejecutivo.

Dada en la Sala de Sesiones del Congreso Argentino, en Buenos Aires, a los tres días del mes de julio del año dos mil dos. Registrada bajo el N° 25.612.

Eduardo O. Camaño; Juan C. Maqueda; Eduardo D. Rollano; Juan C. Oyarzún.

12.3. Anexo III: Resolución N° 1089/82: Reglamento para el control de vertimiento de líquidos industriales

El presente Reglamento establece las condiciones a que deberá ajustarse el efluente y el proyecto, construcción, reparación, modificación, mantenimiento y contralor de funcionamiento de las instalaciones de que debe dotarse a aquellos inmuebles cuyos líquidos residuales requieran un tratamiento previo para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores;

Que los objetivos del sistema que se establece son los siguientes:

- a) Obtener que los efluentes no contengan sustancias contaminantes, tendiendo fundamentalmente a asegurar: 1) El saneamiento integral de las poblaciones 2) La no contaminación de las aguas en general.
- b) Orientar las tareas inherentes al proyecto y construcción de las instalaciones internas de carácter industrial y de las instalaciones para la conducción del efluente, no participando en la aprobación de planos. Quedando como únicos responsables del proyecto y construcción de las obras el propietario del establecimiento y el matriculado, exigiéndose solamente la presentación de planos esquemáticos y de la documentación mínima indispensable.

Las facultades fueron conferidas oportunamente a la ex DIRECCION PROVINCIAL DE OBRAS SANITARIAS por el artículo 4° inciso 15) de la LEY ORGANICA N° 8711/80 , en la actualidad competencia de la SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y ECOLOGIA emergente de la Ley N° 11.220/94 y Decreto N° 1.550/96.-

CAPITULO I

AMBITO DE APLICACIÓN - FACULTADES

Artículo 1º) Las disposiciones del presente REGLAMENTO son de aplicación a todos los inmuebles ubicados en el territorio de la Provincia de Santa Fe, destinados total o parcialmente a usos industriales (fábricas, talleres, etc.), a usos comerciales (hoteles, restaurantes, estaciones de servicio, etc.), o a usos especiales (hospitales, escuelas, clubes, etc.) cuyos LIQUIDOS RESIDUALES no satisfagan CONDICIONES DE VUELCO exigidas para su descarga al CUERPO RECEPTOR.

Artículo 2º) Queda prohibido construir, alterar, remover o modificar cualquier parte de las INSTALACIONES declaradas, sin previa autorización. La ejecución de nuevos trabajos que impliquen alteración, remoción o modificación de las INSTALACIONES se ajustará a las disposiciones del REGLAMENTO que rigen para la construcción de obra nueva.

Artículo 3º) Se podrá disponer la clausura del DESAGÜE DEL ESTABLECIMIENTO cuyo propietario no diera cumplimiento a las disposiciones que se impongan en virtud de lo establecido en el REGLAMENTO.

Artículo 4º) Todos los plazos que se establecen en el Reglamento deben ser computados en día hábiles administrativos.

Artículo 5º) Se resolverán en forma particular las situaciones que no estén contempladas en el REGLAMENTO, teniendo en cuenta las circunstancias particulares de cada caso.

CAPITULO II

REQUISITOS PARA LAS INSTALACIONES

Artículo 6º) Los ESTABLECIMIENTOS a que se alude en el Art. 1 deben ser dotados de las correspondientes INSTALACIONES DE TRATAMIENTO para que los EFLUENTES cumplan las CONDICIONES DE VUELCO establecidas por SMAE, salvo que resulten innecesarias por :

- a) Cumplir con las condiciones de vuelco.
- b) Mejor administración técnica.
- c) Optimización del proceso.
- d) Recirculación.
- e) Sustitución de materia prima.
- f) Cambio de proceso.

Artículo 7º) Todo ESTABLECIMIENTO tendrá sus INSTALACIONES completas e independientes a los fines del REGLAMENTO, salvo que en dos o más de ellos la SMAE resuelva consentir, en las condiciones que en cada caso fije, la existencia de INSTALACIONES en común, a solicitud de la totalidad de los PROPIETARIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS interesados.

Artículo 8º) Las INSTALACIONES PARA LA CONDUCCION DEL EFLUENTE desde la salida del ESTABLECIMIENTO hasta el CUERPO RECEPTOR fijado de conformidad con los Artículos 18º y 19º, cuando éste no se encuentre contiguo a aquel, deberán ser fijadas por la SMAE. Los planos para este tipo de obras podrán tramitarse en forma separada de aquellos correspondientes a las INSTALACIONES DE TRATAMIENTO, salvo indicación en contrario de la SMAE, siendo por cuenta del PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO la obtención de los permisos necesario para el emplazamiento de dichas

INSTALACIONES PARA LA CONDUCCION DEL EFLUENTE en la vía pública o en predios de propiedad privada.

Artículo 9º) Se establece como punto de enlace de las INSTALACIONES DE TRATAMIENTO o de PROCESO con las INSTALACIONES PARA LA CONDUCCION DEL EFLUENTE el punto de su trazado en coincidencia con la línea demarcatoria del límite de la propiedad.

Artículo 10º) Todas las INSTALACIONES deberán estar dotadas de una cámara para extracción de muestras y medición de caudales, según las especificaciones vigentes. Dicha cámara deberá hallarse ubicada en el predio privado, sobre la línea municipal o próxima a ella, y con libre acceso desde la vía pública.

Artículo 11º) Cuando el EFLUENTE sea de naturaleza corrosiva, será obligatoria la instalación de un tubo testigo, en la forma y del material que establecen las disposiciones vigentes en SMAE. La cámara respectiva deberá hallarse ubicada en las inmediaciones de la indicada en el Artículo 10º.

CAPITULO III

OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES

Artículo 12º) EL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO será responsable exclusivo ante la SMAE:

- a) por la calidad del EFLUENTE que concurre al CUERPO RECEPTOR.
- b) por la eficiencia del tratamiento ;
- c) por el sistema utilizado para la depuración de los LIQUIDOS RESIDUALES.
- d) Por el cumplimiento de las obligaciones que estén a cargo del matriculado según el presente REGLAMENTO.

Ello no enerva los derechos que pudieran corresponder frente al MATRICULADO.

Artículo 13º) EL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO es responsable del funcionamiento y conservación de las INSTALACIONES, las que deberán mantenerse permanentemente en condiciones óptimas de funcionamiento y eficiencia, acorde con el fin al que se las destina.

Artículo 14º) EL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO es responsable por los daños o perjuicios que pudieran ocasionarse a terceros o a los CUERPOS RECEPTORES directos o indirectos con motivo de la conducción o del volcamiento de los EFLUENTES.

Artículo 15°) La disposición final de los residuos retenidos en las operaciones integrantes del proceso productivo y/o del tratamiento de los LIQUIDOS RESIDUALES, si son desechables, deberá ser realizada en sitios o lugares determinados por las autoridades competentes o por la SMAE, según corresponda, con el fin de impedir la contaminación del ambiente.

Artículo 16°) Cuando se proyecte la construcción, modificación o adecuación de las INSTALACIONES con el objeto de que los EFLUENTES se encuadren dentro de las CONDICIONES DE VUELCO establecidas en el ANEXO II, el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO deberá designar un MATRICULADO, quien tomará a su cargo la responsabilidad profesional para el proyecto y eficiencia del mismo, en un todo de acuerdo con lo dispuesto en el REGLAMENTO. Todo cambio de MATRICULADO deberá ser comunicado a la SMAE inmediatamente de producido.

Artículo 17°) EL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO, personalmente o por medio del MATRICULADO, según corresponda, están obligados a suministrar toda la información que la SMAE considere necesaria durante el proyecto, construcción y funcionamiento del ESTABLECIMIENTO y de sus INSTALACIONES, siendo responsable por las inexactitudes en que incurran.

CAPITULO IV

TRAMITE DE DOCUMENTACION

Artículo 18°) A solicitud escrita del PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO, y dentro del ámbito de su competencia, la SMAE otorgará la FACTIBILIDAD DE VERTIMIENTO de los EFLUENTES a los CUERPOS RECEPTORES que especificará en cada caso. Dicha FACTIBILIDAD DE VERTIMIENTO sólo podrá ser autorizada cuando la capacidad y las condiciones de funcionamiento así lo permitan, y no autorizará la descarga del EFLUENTE al CUERPO RECEPTOR. Para ser volcados a dicho CUERPO RECEPTOR, los EFLUENTES deberán cumplir en forma permanente las CONDICIONES DE VUELCO fijadas por la SMAE para permitir estas descargas.

Artículo 19°) Cuando se proyecte evacuar EFLUENTES a un CUERPO RECEPTOR cuya conservación y control hidráulico estén a cargo de otro Organismo, sea éste Nacional, Provincial, Municipal o privado, el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO gestionará ante aquél la correspondiente FACTIBILIDAD DE VERTIMIENTO. El comprobante de iniciación de ese trámite deberá ser presentado ante la SMAE a fin de gestionar la autorización de volcamiento, la que estará supeditada al otorgamiento de esa FACTIBILIDAD DE VERTIMIENTO.

Artículo 20°) Los líquidos provenientes de condensación, refrigeración y otros usos del agua en los que no se altere la calidad de la misma deberán ser vertidos a conducto pluvial o a curso de agua superficial. Sólo por excepción se podrá autorizar su volcamiento a colectora, cuando la capacidad y las condiciones de

funcionamiento de ésta lo permitan. A tales efectos, deberá tramitarse la FACTIBILIDAD DE VERTIMIENTO en las condiciones establecidas en los Artículos 18° y 19°.

Artículo 21°) EL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO está obligado a presentar con carácter de declaración jurada, dentro de los plazos que al efecto fije la SMAE, una solicitud de AUTORIZACION PRECARIA DE VOLCAMIENTO, conjuntamente con la siguiente documentación:

I FACTIBILIDAD DE VERTIMIENTO acordada por la SMAE conforme al Artículo 18°, o el comprobante de iniciación de su trámite ante el Organismo competente, de acuerdo con el Artículo 19°.

II Memoria descriptiva y de cálculo que comprenda:

- a) Proceso productivo.
- b) Sistema de tratamiento de los LIQUIDOS RESIDUALES y su justificación.
- c) Calidad de los EFLUENTES.
- d) Caracterización del volumen de los EFLUENTES.
- e) Destino de los barros y residuos producidos de acuerdo al Artículo 18°. Para el cumplimiento de este punto, la SMAE entregará un Formulario al que deberá responder el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO.

III CRONOGRAMA DE TRABAJO, indicando en un diagrama tareas-tiempo, cada una de las etapas para la construcción, modificación o adecuación de las INSTALACIONES con el objeto de que los EFLUENTES se encuadren dentro de las CONDICIONES DE VUELCO establecidas en el ANEXO II.

IV Planos de los dispositivos de testificación, muestreo y aforo.

V Plano de planta de escala, indicando los puntos de descarga y sus características hidráulicas.

Toda la presentación deberá estar firmada por el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO y por el MATRICULADO quien será en adelante, hasta tanto la SMAE otorgue la AUTORIZACIÓN CONDICIONAL DE VOLCAMIENTO, el único ocurrente. La SMAE tomará conocimiento de dicha documentación y aceptará u observará el CRONOGRAMA DE TRABAJO propuesto.

Artículo 22°) Si la documentación presentada según el Artículo 21° no reuniera las condiciones exigidas, o resultara incompleta o inadecuada a juicio de SMAE, se citará al MATRICULADO, quien deberá presentarse dentro de los cinco (5) días de su notificación para recibir las indicaciones que corresponda. La documentación observada será devuelta por el MATRICULADO con las correcciones correspondientes a

las indicaciones formuladas plazo que a tal efecto le fijará la SMAE en función de la magnitud de las mismas. El incumplimiento de estas obligaciones será sancionado en la forma establecida en el Decreto respectivo.

Artículo 23°) En caso de no merecer observaciones la documentación presentada, o corregidas las que se hubieren formulado, UNO (1) de los ejemplares del plano será devuelto al MATRICULADO, con una copia de la restante documentación indicada en el artículo 21°, otorgando la SMAE la AUTORIZACION PRECARIA DE VOLCAMIENTO. El otro ejemplar de toda la documentación quedará en la SMAE a los efectos que pudieran corresponder. Esta presentación deberá ser previamente visada por el Colegio Profesional Provincial que corresponda en el cual se encuentre inscripto el profesional actuante responsable del diseño del proyecto.

Artículo 24°) Las autorizaciones de volcamiento que se concedan conforme lo establecido en el REGLAMENTO, serán de carácter precario o condicional, y la SMAE podrá disponer su cancelación, o el cambio de destino del EFLUENTE cuando las condiciones de éste o del CUERPO RECEPTOR así lo hagan necesario.

Artículo 25°) La SMAE otorgará la AUTORIZACION CONDICIONAL DE VOLCAMIENTO una vez terminada la construcción de las INSTALACIONES DE TRATAMIENTO, y siempre que los EFLUENTES se ajusten a las CONDICIONES DE VUELCO que corresponda en cada caso. Dicha autorización se otorgará por el solo cumplimiento de las CONDICIONES DE VUELCO en los casos en que las INSTALACIONES DE TRATAMIENTO no sean necesarias, tal como se indica en el Artículo 6°.

Artículo 26°) Si una vez expedida la AUTORIZACION CONDICIONAL DE VOLCAMIENTO se comprobara que los EFLUENTES no cumplen con las CONDICIONES DE VUELCO establecidas por la SMAE, el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO estará obligado a realizar las correcciones que sean necesarias para obtener que los EFLUENTES reúnan dichas condiciones, en el plazo que le fije la SMAE.

La falta de cumplimiento de lo dispuesto precedentemente motivará la aplicación de las sanciones establecidas en la Norma respectiva, al PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO.

CAPITULO V

EJECUCION DE OBRAS

Artículo 27°) Una vez retirada de la SMAE la documentación, con el CRONOGRAMA DE TRABAJOS aceptado, el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO asume el compromiso de ejecutar las obras proyectadas dentro de los plazos fijados en dicho cronograma. El plazo para la iniciación de los trabajos

contemplados comenzará a computarse a partir de los QUINCE (15) días de la notificación de la resolución administrativa.

La falta de cumplimiento de lo dispuesto precedentemente motivará la aplicación de las sanciones establecidas en la Norma respectiva, pudiendo alcanzar la cancelación de la AUTORIZACION PRECARIA DE VOLCAMIENTO oportunamente acordada.

Artículo 28°) Si se cubriera cualquier parte de las INSTALACIONES, cuando sea obligatoria su inspección previa, el MATRICULADO tendrá la obligación de descubrirla para ser inspeccionada, a cargo del propietario .

Artículo 29°) EL PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO está obligado a desagotar, desinfectar, cegar y cubrir debidamente los pozos de agua pozos absorbentes o cualquier otro receptáculo análogo que exista en el inmueble cuyo uso no haya sido expresamente autorizado por la SMAE, cumpliendo las instrucciones que un cada caso aquella imparta, y dentro del plazo que se le fije. Se hará lo mismo con los aljibes, salvo que se hicieran estancos y se les destinara para otros fines autorizados por la SMAE.

Artículo 30°) Cuando lo crea oportuno, la SMAE podrá disponer las investigaciones necesarias para localizar la existencia de pozos de cualquier naturaleza . Si la SMAE descubriera la existencia de pozos no denunciados, y comprobara que ha existido ocultamiento o mala fe del PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO, se le aplicarán las sanciones previstas en la Norma respectiva.

CAPITULO VI

INSPECCIONES

Artículo 31°) Las inspecciones a practicar en las INSTALACIONES contempladas en el REGLAMENTO , en construcción o existentes, serán las siguientes :

a Inspecciones Obligatorias : Debe solicitarlas al MATRICULADO, en término y con carácter de obligatorio. Serán las de :

- 1) Enlace del DESAGÜE.
- 2) Cegado de pozos.
- 3) Final de funcionamiento.

b Inspecciones de Control :

c Serán dispuestas por la SMAE y realizadas sin aviso previo, con el fin de verificar :

- 1) Si se cumple el CRONOGRAMA DE TRABAJO aceptado.
- 2) Si las INSTALACIONES se ajustan al proyecto presentado.

- 3) Si los materiales que se utilizan reúnan las condiciones exigibles por la SMAE
- 4) El correcto funcionamiento, mantenimiento, conservación e higiene de las INSTALACIONES.
- 5) La calidad del EFLUENTE, y su caudal.

En todos los casos deberá labrarse el ACTA DE FISCALIZACION respectiva, suscripta por un representante de la empresa y un funcionario de SMAE.

Artículo 32°) Inspección de enlace del DESAGÜE :

Se verificará visualmente si la ejecución del trabajo ha sido correctamente realizada, debiendo asimismo dejarse constancia de la fecha de enlace en el acta respectiva.

Artículo 33°) Inspecciones de cegado de pozos:

- a) Para extraer agua : se verificará que la obturación del pozo se realice de acuerdo con las disposiciones vigentes en la SMAE.
- b) Absorbentes : deberá comprobarse que el pozo ha sido agotado. En el caso de pozo negro se ordenará arrojar en él, para su desinfección, CINCUENTA (50) Kilogramos de cal viva, verificándose se cumplimiento ; se constatará el relleno del pozo y ejecución de losa o bóveda.

Artículo 34°) INSPECCION FINAL DE FUNCIONAMIENTO

Una vez cumplido satisfactoriamente el requisito previsto en el Artículo 39°, y a pedido del MATRICULADO, se practicará esta inspección para verificar :

- a) Si las INSTALACIONES funcionan en forma normal, y se encuentran en buen estado de conservación y mantenimiento.
- b) Si los dispositivos de testificación y muestreo concuerdan con el plano presentado ante la SMAE.
- c) En las INSTALACIONES en las que fuere necesario intercalar tubo testigo, se comprobará que el mismo esté colocado en su respectiva cámara la que deberá mantenerse precintada en forma permanente. Finalizada la inspección, debe constatarse el sellado de las cámaras de inspección , bocas de acceso y de inspección, etc.

Artículo 35°) Inspecciones de control :

- a) Se comprobará, si el estado de la obra lo permite, si las INSTALACIONES se encuentran de acuerdo al proyecto presentado ante la SMAE.
- b) Se verificará el cumplimiento del CRONOGRAMA DE TRABAJO aceptado por la SMAE.

- c) Se comprobará se los dispositivos de testificación necesarios para el control ulterior de los EFLUENTES (tubo testigo, cámara para extracción de muestras, medición de caudales, etc.) se ajustan al plano presentado, y si dichos dispositivos están ubicados en lugar accesible, conforme lo establece el REGLAMENTO en sus Artículos 10° y 11°.
- d) Se verificará si los materiales que se utilizan reúnen las condiciones exigibles por la SMAE.
- e) Se comprobará mediante rigurosas pruebas de funcionamiento adecuadas a tal efecto, que las cañerías para provisión de agua de fuertes propias (pozos, ríos, etc.) se hallen totalmente incomunicadas, e independizadas de las que suministren agua potable.
- f) Se verificará que el agua proveniente de fuentes propias sea destinada exclusivamente para los usos autorizados por la SMAE.
- g) Se comprobará que en las cañerías no existan derivaciones que puedan impedir que la totalidad de los LIQUIDOS RESIDUALES que requieran ser tratados, concurra a las plantas de tratamiento, o que los EFLUENTES concurra los dispositivos de testificación y muestreo, previamente a su volcamiento en el CUERPO RECEPTOR.
- h) Se verificará el correcto funcionamiento, mantenimiento, conservación e higiene de las INSTALACIONES.
- i) Se comprobará mediante la toma de muestra y correspondiente análisis, la calidad del EFLUENTE.
- j) Se determinará el caudal del EFLUENTE.
- k) Se constatará el precintado de las cámaras de inspección y para tubo testigo.

Artículo 36°) El personal autorizado por la SMAE tendrá libre acceso a las fincas para:

- a) Inspeccionar la ejecución de las INSTALACIONES que se estuviesen realizando.
- b) Comprobar el funcionamiento y uso de las mismas.
- c) Controlar los LIQUIDOS RESIDUALES o los EFLUENTES.
- d) Dar cumplimiento a cualquier otra disposición del REGLAMENTO.

El PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO está obligado a facilitar la entrada en forma inmediata, y a mantener actualizada ante la SMAE una nómina del personal para su atención. Las operaciones de inspección de funcionamiento o de uso de las INSTALACIONES, y las de contralor de los LIQUIDOS RESIDUALES o de los EFLUENTES, se practicarán en horarios que resulten adecuados a juicio de la SMAE, en función de la operatividad del ESTABLECIMIENTO.

Artículo 37°) Cuando se opusiere resistencia a la realización de las Inspecciones, los empleados autorizados harán documentar el hecho por autoridad policial, labrando seguidamente el acta correspondiente en la Comisaría de jurisdicción ; luego será solicitado el auxilio de la fuerza pública. Para evitar este último procedimiento, podrá citarse previamente al PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO quien, para hacer innecesaria la intervención de la fuerza pública, deberá comparecer ante la SMAE dentro del término que se le señale y desistir efectivamente de su oposición.

CAPITULO VII

TERMINACION DE LAS OBRAS

Artículo 38°) Finalizada la ejecución de las INSTALACIONES, y cumplidos los requisitos pertinentes establecidos en el REGLAMENTO, el MATRICULADO deberá solicitar la INSPECCION FINAL DE FUNCIONAMIENTO, con una anticipación no menor de CINCO (5) días de la fecha para la cual solicita su realización.

Artículo 39°) Para solicitar la INSPECCION FINAL DE FUNCIONAMIENTO será indispensable que el análisis del EFLUENTE, practicado por la SMAE previo al pedido de la mencionada inspección, acuse resultado satisfactorio cumpliéndose las CONDICIONES DE VUELCO establecidas.

Artículo 40°) Una vez aprobada la INSPECCION FINAL DE FUNCIONAMIENTO, SMAE expedirá la MATRICULADO la CONSTANCIA DE FUNCIONAMIENTO, concediéndosele simultáneamente al PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO la AUTORIZACION CONDICIONAL DE VOLCAMIENTO a que se refiere el Artículo 25°.

Artículo 41°) La construcción de las obras se considerará terminada una vez expedida por la SMAE la CONSTANCIA DE FUNCIONAMIENTO.

Artículo .42°) La SMAE llevará un Registro de Matrículas en el que podrán inscribirse los interesados, que cumplan las siguientes condiciones : a) Ser profesional inscripto, y con domicilio actualizado en la Provincia de Santa Fe. b) Determinar como títulos profesionales habilitados para la realización de proyectos de unidades de tratamiento de efluentes industriales, aquellos que tengan asignadas incumbencias en la materia conforme a lo dispuesto por las instituciones universitarias que lo expidan en cada caso. c) Encontrarse habilitado por el Colegio Profesional que corresponda en el cual se encuentre inscripto el profesional.

Artículo 43°) El MATRICULADO está obligado a comunicar de inmediato a la SMAE cualquier cambio de domicilio, y a cumplir estrictamente las disposiciones del REGLAMENTO y demás normas y resoluciones que se dicten en concordancia con el mismo.

Artículo 44°) El MATRICULADO está habilitado para actuar en el proyecto, reparación , modificación y mantenimiento y operación de funcionamiento de las INSTALACIONES, así como en toda relación entre el ESTABLECIMIENTO y la SMAE. Toda documentación que el MATRICULADO presente ante la SMAE, deberá ser previamente liquidada y visada por el Colegio Profesional correspondiente.

Artículo 45°) Tanto el PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO como el MATRICULADO deben comunicar el eventual cambio de MATRICULADO a la SMAE en el momento en que se produzca.-

C.P.N. Juan C. Mercier-Ministro de Hacienda y Finanzas

Dr Carlos A. Reutemann

Gobernador de Santa Fe.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo XII: Seguridad e Higiene en el trabajo

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Introducción	542
2. Ley N° 19587 de Seguridad e Higiene en el trabajo	542
2.1. Aspectos generales	542
2.1.1. Método de implementación.....	542
2.1.2. Obligaciones del empleador	544
2.1.3. Obligaciones del empleado.....	545
2.2. Reglamentaciones de las condiciones de higiene.....	545
2.2.1. Desagües industriales.....	545
2.2.2. Carga térmica	545
2.2.3. Contaminación ambiental	546
2.2.4. Ventilación.....	546
2.2.5. Iluminación y color.....	546
2.2.6. Ruidos y vibraciones.....	547
2.3. Reglamentaciones de las condiciones de seguridad	547
2.3.1. Instalaciones eléctricas	547
2.3.2. Trabajos y maniobras en instalaciones con tensión	547
2.3.3. Elementos de protección	548
2.3.4. Protección contra riesgos de contacto directo	548
2.3.5. Protección contra riesgos de contacto indirecto	548
2.3.6. Máquinas y herramientas	548
2.3.7. Aparatos que puedan desarrollar presión interna	549
2.3.8. Elementos de protección personal.....	549
2.4. Capacitación.....	550
3. Protección contra incendios	550
3.1. Sistema de hidrantes y bocas de incendio	550
3.1.1. Clasificación de actividades.....	550
3.1.2. Determinación de los parámetros hidráulicos	554

3.1.3. Fuentes de agua.....	555
3.1.4. Diseño del sistema.....	558
3.1.5. Componentes del sistema.....	560
3.1.6. Pruebas del sistema.....	561
3.1.7. Mantenimiento.....	561
3.1.8. Sistema de protección contra incendio.....	562
3.2. Protección en tanques de almacenamiento.....	571
3.3. Rociadores.....	571
3.3.1. Clasificación de las ocupaciones.....	572
3.3.2. Clasificación de los rociadores.....	572
3.3.3. Posición, ubicación y espaciamiento.....	573
3.3.4. Posición del deflector.....	574
3.3.5. Obstrucciones a la carga del rociador.....	574
3.3.6. Diseño del sistema.....	574
3.3.7. Sistema de tuberías y válvulas.....	580
3.3.8. Mantenimiento del sistema.....	582
3.4. Carga de fuego.....	582
3.4.1. Tipos de fuego.....	587
3.4.2. Cálculo de potencial de extintores.....	588
3.4.3. Tipos de extintores.....	591
3.4.4. Distribución de extintores en la planta.....	592
3.4.5. Consideraciones especiales.....	594
3.5. Medios de evacuación.....	594
3.5.1. Ancho mínimo de pasillos, escaleras y corredores.....	594
3.5.2. Cantidad de medios de escape.....	596
4. Bibliografía.....	600
5. Anexos.....	601
5.1. Anexo I: Límites permisibles para carga térmica.....	601

5.2.	Anexo II: Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual.....	601
5.3.	Anexo III: Intensidad mínima de iluminación.....	602
5.4.	Anexo IV: Índice parcial de exposición para niveles sonoros entre 80 dBA y 115 dBA y duración hasta 48 horas por semana.....	603
5.5.	Anexo V: Índice compuesto de exposición sonora.....	604
5.6.	Anexo VI: Máxima exposición sonora diaria permisible	605
5.7.	Anexo VII: Distancia de seguridad para prevención de descargas disruptivas	605
5.8.	Anexo VIII: Diagrama de Moody	606
5.9.	Anexo IX: Diagrama de rugosidad relativa de tuberías	607
5.10.	Anexo X: Pérdidas por fricción en caños rectos de hierro	608
5.11.	Anexo XI: Pérdidas por fricción en accesorios.....	609
5.12.	Anexo XII: Dimensiones de tuberías de acero.....	610
5.13.	Anexo XIII: Dimensiones del drenaje.....	611
5.14.	Anexo XIV: Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero Sch 40.....	611
5.15.	Anexo XV: Área de protección y espaciamiento máximo para rociadores de gota grande	611
5.16.	Anexo XVI: Materiales y dimensiones de tuberías aptas para rociadores	612
5.17.	Anexo XVII: Valores C de Hazen-Williams	613

Índice de Figuras

Figura N° 1: Plano de hidrantes – Planta Baja.	563
Figura N° 2: Plano de hidrantes – Planta Alta.	563
Figura N° 3: Bomba de incendio elegida.	569
Figura N° 4: Bomba jockey montada en el sistema contra incendio junto a la bomba principal.	571
Figura N° 5: Plano de rociadores – Planta Baja.....	576
Figura N° 6: Plano de rociadores– Planta Alta.....	577
Figura N° 7: Curvas de área – densidad para el suministro de agua de rociadores.....	578
Figura N° 8: Plano de Extintores – Planta Baja.....	593
Figura N° 9: Plano de Extintores – Planta Alta.....	593
Figura N° 10: Plano de Evacuación – Planta Baja.....	598
Figura N° 11: Plano de Evacuación – Planta Alta.....	599

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Superficie y nivel de riesgo de las zonas de la planta.	551
Tabla N° 2: Actividades según el nivel de riesgo.	553
Tabla N° 3: Tipo de riesgo y área ocupada.	554
Tabla N° 4: Caudal mínimo requerido según nivel de riesgo y superficie.....	555
Tabla N° 5: Cálculo de la cantidad mínima de bocas de incendio.	555
Tabla N° 6: Cantidad de hidrantes.	562
Tabla N° 7: Cálculo del tanque de agua contra incendios.	564
Tabla N° 8: Consumo de agua del sistema de rociadores.....	564
Tabla N° 9: Características del anillo hidráulico.	565
Tabla N° 10: Datos para el cálculo de la potencia requerida.	566
Tabla N° 11: Datos para el cálculo de la pérdida de carga.	566
Tabla N° 12: Cálculo del número de Reynolds.	567
Tabla N° 13: Factor de fricción según el régimen de flujo.....	567
Tabla N° 14: Datos para el cálculo.....	568

Tabla N° 15: Datos para el cálculo de la pérdida de carga.	568
Tabla N° 16: Datos para el cálculo del número de Re.	568
Tabla N° 17: Potencia de la bomba requerida en diferentes unidades.	569
Tabla N° 18: Especificaciones de la bomba elegida.	569
Tabla N° 19: Área de Protección y espaciamiento máximo para rociadores de gota grande.....	573
Tabla N° 20: Dimensiones a considerar para la ubicación de los rociadores.	575
Tabla N° 21: Cálculo de cantidad de ramales y rociadores de cada sector.....	575
Tabla N° 22: Cantidad real de ramales y rociadores de cada sector.	576
Tabla N° 23: Característica de las tuberías definidas.	579
Tabla N° 24: Recuento de accesorios de tuberías.	579
Tabla N° 25: Clasificación de materiales según combustión.	583
Tabla N° 26: Cálculos de carga de fuego	586
Tabla N° 27: Potencial extintor mínimo (fuegos clase A).	588
Tabla N° 28: Potencial extintor mínimo (fuegos clase B).	588
Tabla N° 29: Cantidad de extintores.	590
Tabla N° 30: Factor de ocupación.....	595
Tabla N° 31: Ancho mínimo de pasillos, corredores y escaleras.....	595
Tabla N° 32: Calculo de factor de ocupación.	597

1. Introducción

La seguridad e higiene en el trabajo tienen como objetivo prevenir, controlar y reducir las causas que provocan daños en la salud de los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente durante el desarrollo de las actividades de la empresa. En primera instancia se deben reconocer y puntualizar los factores inherentes del proceso capaces de generar dicho daño para proceder al control y prevención de accidentes. La ley nacional N° 19587 define el marco legal para garantizar la prevención, control y minimización de los agentes que ponen en riesgo la salud de los trabajadores de la empresa.

Se procede según lo dispuesto en la norma ISO 45001 de Seguridad y Salud en el trabajo, incluido en el Sistema de Gestión Integrado de la empresa.

2. Ley N° 19587 de Seguridad e Higiene en el trabajo

2.1. Aspectos generales

La higiene y seguridad en el trabajo comprenden las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) Proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores.
- b) Prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo.
- c) Estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

2.1.1. Método de implementación

El artículo 5 de la ley establece las pautas para su implementación satisfactoria:

- a) Creación de servicios de higiene y seguridad en el trabajo, y de medicina del trabajo de carácter preventivo y asistencial.
- b) Institucionalización gradual de un sistema de reglamentaciones, generales o particulares, atendiendo a condiciones ambientales o factores ecológicos y a la incidencia de las áreas o factores de riesgo.
- c) Sectorialización de los reglamentos en función de ramas de actividad, especialidades profesionales y dimensión de las empresas.
- d) Distinción a todos los efectos de esta ley entre actividades normales, penosas, riesgosas o determinantes de vejez o agotamiento prematuros y/o las desarrolladas en lugares o ambientes insalubres.
- e) Normalización de los términos utilizados en higiene y seguridad, estableciéndose definiciones concretas y uniformes para la clasificación de los accidentes, lesiones y enfermedades del trabajo.

- f) Investigación de los factores determinantes de los accidentes y enfermedades del trabajo, especialmente de los físicos, fisiológicos y psicológicos.
- g) Realización y centralización de estadísticas normalizadas sobre accidentes y enfermedades del trabajo como antecedentes para el estudio de las causas determinantes y los modos de prevención;
- h) Estudio y adopción de medidas para proteger la salud y la vida del trabajador en el ámbito de sus ocupaciones, especialmente en lo que atañe a los servicios prestados en tareas penosas, riesgosas o determinantes de vejez o agotamiento prematuros y/o las desarrolladas en lugares o ambientes insalubres.
- i) Aplicación de técnicas de corrección de los ambientes de trabajo en los casos en que los niveles de los elementos agresores, nocivos para la salud, sean permanentes durante la jornada de labor.
- j) Fijación de principios orientadores en materia de selección e ingreso de personal en función de los riesgos a que den lugar las respectivas tareas, operaciones y manualidades profesionales.
- k) Determinación de condiciones mínimas de higiene y seguridad para autorizar el funcionamiento de las empresas o establecimientos.
- l) Adopción y aplicación, por intermedio de la autoridad competente, de los medios científicos y técnicos adecuados y actualizados que hagan a los objetivos de esta ley.
- m) Participación en todos los programas de higiene y seguridad de las instituciones especializadas, públicas y privadas, y de las asociaciones profesionales de empleadores, y de trabajadores con personería gremial.
- n) Observancia de las recomendaciones internacionales en cuanto se adapten a las características propias del país y ratificación, en las condiciones previstas precedentemente, de los convenios internacionales en la materia.
- o) Difusión y publicidad de las recomendaciones y técnicas de prevención que resulten universalmente aconsejables o adecuadas.
- p) Realización de exámenes médicos pre-ocupacionales y periódicos, de acuerdo a las normas que se establezcan en las respectivas reglamentaciones.

2.1.2. Obligaciones del empleador

La ley establece las siguientes pautas que debe cumplir el empleador para garantizar el cumplimiento de los objetivos definidos por ella.

- a) Disponer el examen pre-ocupacional y revisión periódica del personal, registrando sus resultados en el respectivo legajo de salud.
- b) Mantener en buen estado de conservación, utilización y funcionamiento, las maquinarias, instalaciones y útiles de trabajo.
- c) Instalar los equipos necesarios para la renovación del aire y eliminación de gases, vapores y demás impurezas producidas en el curso del trabajo.
- d) Mantener en buen estado de conservación, uso y funcionamiento las instalaciones eléctricas y servicios de aguas potables.
- e) Evitar la acumulación de desechos y residuos que constituyan un riesgo para la salud, efectuando la limpieza y desinfecciones periódicas pertinentes.
- f) Eliminar, aislar o reducir los ruidos y/o vibraciones perjudiciales para la salud de los trabajadores.
- g) Instalar los equipos necesarios para afrontar los riesgos en caso de incendio o cualquier otro siniestro.
- h) Depositar con el resguardo consiguiente y en condiciones de seguridad las sustancias peligrosas.
- i) Disponer de medios adecuados para la inmediata prestación de primeros auxilios.
- j) Colocar y mantener en lugares visibles avisos o carteles que indiquen medidas de higiene y seguridad o adviertan peligrosidad en las maquinarias e instalaciones.
- k) Promover la capacitación del personal en materia de higiene y seguridad en el trabajo, particularmente en lo relativo a la prevención de los riesgos específicos de las tareas asignadas.
- l) Denunciar accidentes y enfermedades del trabajo.

2.1.3. Obligaciones del empleado

A continuación, se establecen las obligaciones que le corresponden al empleado definidas en esta ley:

- a) Cumplir con las normas de higiene y seguridad y con las recomendaciones que se le formulen referentes a las obligaciones de uso, conservación y cuidado del equipo de protección personal y de los propios de las maquinarias, operaciones y procesos de trabajo.
- b) Someterse a los exámenes médicos preventivos o periódicos y cumplir con las prescripciones e indicaciones que a tal efecto se le formulen.
- c) Cuidar los avisos y carteles que indiquen medidas de higiene y seguridad y observar sus prescripciones.
- d) Colaborar en la organización de programas de formación y educación en materia de higiene y seguridad y asistir a los cursos que se dictaren durante las horas de labor.

2.2. Reglamentaciones de las condiciones de higiene

2.2.1. Desagües industriales

Los efluentes industriales deberán ser recogidos y canalizados impidiendo su libre escurrimiento por los pisos y conducidos a un lugar de captación y alejamiento para su posterior evacuación a plantas de tratamiento según la legislación vigente en la zona de ubicación del establecimiento, de manera que no se conviertan en un riesgo para la salud de los trabajadores y en un factor de contaminación ambiental. Deberá evitarse poner en contacto líquidos que puedan reaccionar produciendo vapores, gases tóxicos o desprendimiento de calor. Los conductos deberán ser construidos de materiales acordes con la naturaleza físico-química de los líquidos efluentes.

2.2.2. Carga térmica

La carga térmica se define como el calor intercambiado entre el hombre y el ambiente sumado al calor generado en los procesos metabólicos. A efectos de evaluar la exposición de los trabajadores sometidos a carga térmica, se calcula el índice de temperatura de globo húmedo en base a las condiciones higrotérmicas de la actividad de trabajo (temperatura de bulbo húmedo natural, temperatura de bulbo seco, temperatura de globo) y al calor metabólico generado según el tipo de trabajo. Se determina si éste es admisible de acuerdo a los límites fijados. Caso contrario, deberá procederse a adoptar las correcciones que la técnica aconseje.

2.2.3. Contaminación ambiental

Todo lugar de trabajo en el que se efectúan procesos que produzcan la contaminación del ambiente con gases, vapores, humos, nieblas, polvos, fibras, aerosoles o emanaciones de cualquier tipo, deberá disponer de dispositivos destinados a evitar que dichos contaminantes alcancen niveles que puedan afectar la salud del trabajador. La autoridad competente fijará concentraciones máximas permisibles para los ambientes de trabajo. En los lugares de trabajo donde se realicen procesos que den origen a estados de contaminación ambiental o donde se almacenen sustancias agresivas, se deberán efectuar análisis de aire periódicos a intervalos tan frecuentes como las circunstancias lo aconsejen.

2.2.4. Ventilación

La ventilación es fundamental para contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador. La ventilación deberá ser natural, preferentemente y su mínimo determinado en función de la cantidad de personas en el ambiente de trabajo. Si existiera contaminación de cualquier naturaleza o condiciones ambientales que pudiesen ser perjudiciales para la salud, la ventilación permitirá conservar permanentemente las condiciones ambientales, la concentración adecuada de oxígeno y la concentración de contaminantes dentro de los valores admisibles y evitará la existencia de zonas de estancamiento.

2.2.5. Iluminación y color

La composición espectral de la luz deberá ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario. Las fuentes de iluminación no deberán producir deslumbramiento, directo o reflejado, para lo que se distribuirán y orientarán convenientemente las luminarias y superficies existentes en el sector. La uniformidad de la iluminación, así como las sombras y contrastes serán adecuados a la tarea que se realice.

En todo establecimiento donde se realicen tareas en horarios nocturnos o que cuenten con lugares de trabajo que no reciben luz natural en horarios diurnos, deberá instalarse un sistema de iluminación de emergencia. Se utilizarán colores de seguridad para identificar personas, lugares, objetos, a los efectos de prevenir accidentes. Se marcarán pasillos, circulaciones de tránsito y caminos de evacuación. En los lugares de cruce donde circulen grúas suspendidas y otros elementos de transporte, se indicará la zona de peligro con franjas anchas de los colores establecidos en esta ley. Todas las señalizaciones deberán conservarse en buenas condiciones de visibilidad, limpiándolas o repintándolas periódicamente. Los carteles e indicadores serán pintados en colores intensos y contrastantes con la superficie que los contenga.

2.2.6. Ruidos y vibraciones

En todos los establecimientos, ningún trabajador podrá estar expuesto a una dosis de nivel sonoro continuo equivalente superior a la establecida en la ley. Cuando esto suceda, se procederá a reducirlo mediante: Obras de ingeniería (en la fuente, en las vías de transmisión o en el recinto receptor), protección auditiva al trabajador o reducción de tiempos de exposición. Todo trabajador expuesto a una dosis superior a 86 dB de nivel sonoro continuo equivalente, deberá ser sometido a exámenes audiométricos. En el caso de detectar un aumento persistente del umbral auditivo, el afectado deberá usar ininterrumpidamente protectores auditivos. Si dicho aumento continúa, deberá ser transferido a otras tareas no ruidosas. Ningún trabajador podrá estar expuesto a vibraciones cuyos valores límites permisibles superen los especificados en esta ley. En caso contrario, se adoptarán las medidas correctivas necesarias para disminuirlos.

2.3. Reglamentaciones de las condiciones de seguridad

2.3.1. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones y equipos eléctricos y los materiales y equipos utilizados cumplirán con las exigencias de las normas técnicas correspondientes. Los trabajos de mantenimiento serán efectuados exclusivamente por personal capacitado y debidamente autorizado por la empresa para tal fin quien estará informado acerca de los riesgos al que está expuesto, así como también recibirá instrucciones sobre el modo de socorrer a un accidentado por descargas eléctricas, primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación. Se efectuará el mantenimiento de las instalaciones y verificarán las mismas periódicamente en base a sus respectivos programas, confeccionados de acuerdo a las normas de seguridad y registrando debidamente sus resultados.

2.3.2. Trabajos y maniobras en instalaciones con tensión

Toda instalación será considerada con tensión mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados al efecto. Siempre que sea posible, deberá dejarse sin tensión la parte de la instalación sobre la que se va a trabajar.

2.3.3. Elementos de protección

Deberá utilizarse en cada caso particular: Casco, visera, calzado, guantes aislantes, protectores faciales, taburetes aislantes, vainas aislantes, detectores de tensión, herramientas aisladas, material de señalización, lámparas portátiles, transformadores de seguridad para 24 V de salida, interruptores diferenciales de alta sensibilidad.

2.3.4. Protección contra riesgos de contacto directo

Para la protección de las personas contra contactos directos podrá optarse por: protección por distanciamiento (alejamiento de la instalación del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen), protección por aislamiento (recubrimiento con aislantes apropiados que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo) y/o protección por obstaculización (interposición de elementos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación).

2.3.5. Protección contra riesgos de contacto indirecto

Para la protección contra contactos indirectos se deberá contar con un circuito de puesta a tierra y al menos uno de los siguientes dispositivos de seguridad: dispositivos de protección activa (relés de tensión, relés de corriente residual) o dispositivos de protección pasiva (aislamiento, tensión de seguridad, separación de las masas).

2.3.6. Máquinas y herramientas

Las máquinas y herramientas usadas en los establecimientos deberán ser seguras y, en caso de que originen riesgos, no podrán emplearse sin la protección adecuada. Las partes de las máquinas y herramientas con riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, dispondrán de protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas, etc. Toda máquina averiada o cuyo funcionamiento sea riesgoso, será señalizada con la prohibición de su manejo por trabajadores no encargados de su reparación. Las herramientas de mano estarán construidas con materiales adecuados y serán seguras en relación con la operación a realizar y no tendrán defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización. La unión entre sus elementos será firme para evitar cualquier rotura o proyección de los mismos. Los trabajadores recibirán instrucciones precisas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar, a fin de prevenir accidentes.

2.3.7. Aparatos que puedan desarrollar presión interna

En todo establecimiento en que existan aparatos que puedan desarrollar presión interna, se fijarán instrucciones detalladas con esquemas de la instalación que señalen los dispositivos de seguridad en forma bien visible y las prescripciones para ejecutar las maniobras correctamente, prohíban las que no deban efectuarse por ser riesgosas e indiquen las que hayan de observarse en caso de riesgo o avería.

Los trabajadores encargados del manejo y vigilancia de estos equipos, deberán ser instruidos y adiestrados previamente por la empresa, quien no autorizará su trabajo hasta que éstos no se encuentren debidamente capacitados. Los hogares, hornos, calentadores, calderas y demás equipos que aumenten la temperatura ambiente, se protegerán mediante revestimientos, pantallas o cualquier otra forma adecuada para evitar la acción del calor excesivo sobre los trabajadores que desarrollen sus actividades en ellos o en sus inmediaciones, dejándose alrededor de los mismos un espacio libre no menor de 1,50 m, prohibiéndose almacenar materias combustibles en los espacios próximos a ellos.

Los equipos deberán poseer:

- a) Válvulas de seguridad capaces de evacuar la totalidad del volumen de los fluidos producidos al exceder los valores prefijados para ésta, previendo los riesgos que puedan surgir por este motivo.
- b) Presostatos que, al llegar a sus valores prefijados, interrumpirán el suministro de combustible cesando el incremento de presión.
- c) Aislamiento y ventilación en caso de ser capaces de producir frío con posible desprendimiento de contaminantes.

Los recipientes de almacenamiento a presión deberán ajustarse a los requisitos siguientes:

- a) Limitar el número de recipientes almacenados.
- b) Colocarlos convenientemente para evitar caídas y choques.
- c) Protegerse del sol y humedad.
- d) Ubicarse en habitaciones de paredes resistentes al fuego y con cartelería de riesgo de explosión.

2.3.8. Elementos de protección personal

Los fabricantes de equipos y elementos de protección personal del trabajador deberán estar inscriptos en el registro que a tal efecto habilitará el Ministerio de Trabajo. Los mismos serán responsables, en caso de comprobarse que, producido un accidente, ese se deba a deficiencias del equipo utilizado.

La determinación de la necesidad de uso de equipos y elementos de protección personal, su aprobación interna, condiciones de utilización y vida útil, estará a cargo del responsable del servicio de higiene y seguridad en el trabajo. Una vez determinada la necesidad de uso, su utilización será obligatoria de acuerdo a lo establecido en el artículo 10 de la ley 19.587.

2.4. Capacitación

Todo establecimiento estará obligado a capacitar a su personal en materia de higiene y seguridad, en prevención de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo, de acuerdo a las características y riesgos propios generales y específicos de las tareas que desempeña.

Se planificará en forma anual el programa de capacitación para los distintos niveles (dirección, gerencia, jefatura, supervisión, operario, administrativo, etc.).

Se deberá entregar por escrito a todo el personal, las medidas preventivas tendientes a evitar las enfermedades profesionales y accidentes del trabajo.

3. Protección contra incendios

3.1. Sistema de hidrantes y bocas de incendio

En el presente inciso se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de hidrantes y bocas de incendio según la última versión de la guía técnica CIR, actualizada en 2015 con vigencia hasta 2020. La misma es elaborada por el Círculo de Ingenieros de Riesgos formado por ingenieros de prevención de aseguradoras nacionales e internacionales de daños materiales por incendio y se basa en el "Reglamento de la Cámara de Aseguradores de instalaciones contra incendio en base a hidrantes, extintores y cuerpo de bomberos de fábrica", Normas CEPREVEN (españolas), normas NFPA y normas IRAM.

La aplicación de esta guía busca analizar los aspectos más relevantes en la planta para mejorar la seguridad y prevención contra incendios con la legislación más actualizada y completa. Es una guía de referencia, no implica el cumplimiento de ninguna normativa, no obstante, se convirtió en norma IRAM 3597.

3.1.1. Clasificación de actividades

Esta clasificación permite definir los parámetros básicos para la instalación de hidrantes y bocas de incendio:

- a) Actividad de Riesgo Leve: Se incluye en esta categoría a las actividades caracterizadas por la inexistencia de almacenamiento y la ausencia de manufacturas o procesos industriales. Se trata de establecimientos con cargas de fuego bajas y riesgos intrínsecos muy bajos.
- b) Actividad de Riesgo Moderado - Grupo I: Comprende a negocios y depósitos no peligrosos en general, así como también aquellas industrias que por las características de sus procesos y materias primas no revisten una gran peligrosidad, y en las que es relativamente fácil combatir un incendio. Las cargas de fuego son bajas y moderadas.
- c) Actividad de Riesgo Moderado - Grupo II: Comprende a los depósitos e industrias que, en función de sus procesos, materias primas y productos elaborados o almacenados, adquieren características

de fácil combustibilidad, siendo relativamente difícil combatir un incendio. En este caso se incluyen las actividades con cargas de fuego de moderadas a altas.

- d) Actividad de Riesgo Alto: Aquella en la que se encuadran los depósitos de productos líquidos inflamables y combustibles o sólidos de alta peligrosidad, las industrias cuyos procesos encierran una gran peligrosidad, presentando riesgos de incendio y explosión muy importantes, factores que hacen muy difícil combatir un incendio. Se trata de actividades con cargas de fuego de altas a muy altas, que incluyen materiales combustibles e inflamables.

A continuación, se listan todos los espacios del predio con sus respectivas superficies en m² y el nivel de riesgo de cada uno de ellos, el cual fue determinado en base a la clasificación del CIR que se ve más adelante.

		Espacio	Área (m²)	Nivel de riesgo
Superficie cubierta	Ubicadas en planta baja	Predio	5.000	Variado
		Planta de proceso	1.078,4	Alto
		Depósito Cáscara de Arroz	190	Moderado GI
		Depósito STPP y Sulfato de Sodio	1.10,8	Moderado GII
		Deposito Producto Terminado	200	Moderado GI
		Sala de Control	41,3	Moderado GI
		Taller de Mantenimiento	41,3	Moderado GII
		Sala de Bombas	48,9	Alto
	Ubicadas en primer piso	Oficinas	518,9	Leve
		Comedor	277,8	Moderado GI
		Laboratorio de Calidad	155,3	Moderado GII/Alto
		Vestuarios	110,8	Leve
		Sector Jerárquico	159	Leve
	Superficie descubierta	Zona de Tanques	450,1	Alto
		Playa de maniobras	1.103,4	Moderado GI
Estacionamiento		285,5	Moderado GI	
Silos		110,8	Moderado GI	

Tabla N° 1: Superficie y nivel de riesgo de las zonas de la planta.

Nivel de riesgo		Actividad	Descripción
Leve		Oficinas/centros de cómputo	Computadoras, artículos de librería
Moderado	Grupo I	Servicios y ventas de automotores/Estacionamientos	Estacionamiento y espacio para motos
		Elaboración de panificados/lácteos/pastas/alimenticios/restaurantes	Comedor
		Talleres mecánicos/Fábrica/depósito/venta de maquinas	Áreas de mantenimiento, sala de bombas contra incendio, sala de grupo electrógeno
		Depósito de mercaderías poco combustibles	Almidón, pellets de polímero biodegradable
	Grupo II	Fábrica/depósito de productos químicos poco combustibles y combustibles	Depósito de reactivos de laboratorio
		Aserradero/carpintería/depósito de madera	Áreas de mantenimiento
		Bibliotecas/almacenamiento de archivos	Archivos, manuales, procedimientos, instructivos
Alto	Fábrica/depósito de productos químicos inflamables y explosivos	Almidón: en sí no es explosivo pero su polvo puede formar compuestos combustibles en combinación con el aire	

		Soda Cáustica: Contenida en solución al 50% p/p, corrosiva, se deben tener cuidados especiales para la contención
		Ácido Sulfúrico: Contenido en un tanque, solución al 98% p/p, fuertemente corrosiva, se deben tener cuidados especiales para su contención
		Glicerina: inflamable, forma compuestos explosivos con el aire, vapores densos
	Modificación del almidón	Reacción en medio acuoso con un pH muy elevado, alrededor de 10
	Secado y Tratamiento térmico del almidón modificado	Temperatura de operación de 130°C, vapor a 7 bares como fluido térmico
	Extrusión	Formación del polímero biodegradable temperatura de operación de 130°C
	Deslignificación	Reactor presurizado a 13 bar y 160°C, uso de etanol al 50%

Tabla N° 2: Actividades según el nivel de riesgo.

Las actividades llevadas a cabo en la planta presentan diferentes grados de riesgo, por ende, se considerarán las actividades de mayor riesgo para catalogar la planta, siempre que estas superen un 30% de la superficie cubierta. Caso contrario, se catalogará a la planta a partir de su actividad principal.

Tipo de riesgo	Área (m²)
Alto	1.732,7
Moderado	2.360,9
Leve	788,7
Total	4.882,3

Tabla N° 3: Tipo de riesgo y área ocupada.

Las actividades de alto riesgo representan aproximadamente un 35,5 % del total en términos de superficie, por lo que se considerará la planta un sector de riesgo alto.

3.1.2. Determinación de los parámetros hidráulicos

Para el cálculo del caudal mínimo de agua requerido por el sistema de incendio se tendrá en cuenta un caudal de 500 litros por minuto por boca de incendio abierta; la cantidad de bocas a considerar dependerá del tipo de riesgo y la superficie. El volumen mínimo de agua se obtiene multiplicando el caudal mínimo requerido por la duración de la demanda indicada en la columna tiempo.

Se adoptará como caudal nominal de la bomba el 100 % del caudal de agua para el sistema según tabla del CIR. La presión de la bomba de incendio será tal que se pueda lograr una presión residual mínima de 5 bares en la boca de incendio de posición hidráulicamente más desfavorable, considerando la cantidad de bocas abiertas con el caudal correspondiente por cada boca.

Riesgo	Superficie (S) (m ²)			Tiempo minutos
	S < 2.500 Lpm	2.500 < S < 10.000 Lpm	10.000 < S < 20.000	
Leve	750	1.000	1.500	30
Moderado, grupo I	1.000	1.000	1.500	45
Moderado, grupo II	1.000	1.500	2.000	60
Alto riesgo	1.500	2.000	3.000	60

lpm : litros por minuto

Tabla N° 4: Caudal mínimo requerido según nivel de riesgo y superficie.

Finalmente, se calcula la cantidad mínima de bocas de incendio que se requerirán en la planta teniendo en cuenta el área y el riesgo según el tipo de actividad:

Riesgo	Alto
Área (m²)	5.000
Caudal mínimo	2.000 L/min - 120 m ³ /h
Tiempo (min)	60
Reserva de agua	120.000 L - 120 m ³
Caudal por boca	500 L/min 30 m ³ /h
N° bocas	4

Tabla N° 5: Cálculo de la cantidad mínima de bocas de incendio.

3.1.3. Fuentes de agua

3.1.3.1. Bombas

Como mínimo se deben instalar dos bombas principales. Se prevé la instalación de una bomba de accionamiento eléctrica y otra de idénticas especificaciones, pero de accionamiento por motor diesel (motobomba). Cada una debe proveer independientemente el caudal para el cual se diseñó el sistema. Las mismas deben ser equipos diseñados para el servicio de incendio y deben cumplir con las características siguientes:

- Suministrar el 150% del caudal nominal a no menos del 65% de la presión nominal.
- La presión a caudal cero no debe superar el 140% de la presión nominal.

Los valores anteriores de las bombas (curva característica de la bomba) deben estar certificados por un organismo de certificación acreditado en el OAA (Organismo Argentino de Acreditación).

Las bombas responderán también a las características indicadas en la Norma IRAM 3593 Instalación de Bombas Estacionarias contra Incendio.

- Fuentes de alimentación motriz

Los motores eléctricos deben tener como mínimo una fuente de alimentación eléctrica segura. Se considera una fuente segura a la alimentación directa desde una red pública de suministro confiable. En caso contrario se debe contar con dos fuentes de alimentación independientes. La segunda puede ser un grupo electrógeno de arranque automático con capacidad suficiente para los servicios de emergencia y las bombas de incendio. De no poder cumplimentarse lo anterior, la segunda bomba debe ser accionada por motor diesel; en cuyo caso deberán existir mínimamente dos bancos de baterías conectadas y en condiciones operativas con cargadores de tipo “fondo-flote” (repone y mantiene la carga automáticamente). El tanque de combustible será suficiente para un funcionamiento mínimo de 3 horas.

Preferentemente debe estar ubicado dentro de la sala de bombas y debe contar con una batea de contención de derrames con capacidad del 110 % del volumen del tanque y contar con venteo al exterior del edificio. El tanque no debe ser del tipo enterrado y deberá prever un sistema seguro de reposición al mismo preferentemente desde el exterior.

- Tendido de cables de alimentación para bombas eléctricas

Los tendidos de alimentación eléctrica a las bombas de incendio deben pasar por el exterior y separados de los edificios o bien por áreas con mínimas cargas de fuego y bajos riesgos de incendio, o contar con protección contra el fuego para 90 minutos.

- Arranque y parada de bombas de incendio

Las bombas utilizadas como fuente de agua primaria en la instalación serán de accionamiento automático al bajar la presión de la red a un nivel determinado o detectar flujo de agua.

Las bombas principales se detendrán únicamente en forma manual desde la sala de bombas.

- Sala de bombas de incendio

Las bombas de incendio se ubicarán en un edificio cerrado con acceso controlado a una distancia mínima de 10 metros de los edificios a proteger. La distancia podrá ser mayor según los riesgos de incendio y explosión en dichos edificios. La construcción será del tipo incombustible. En caso en que no sea posible respetar la distancia indicada, las bombas de incendio se ubicarán en salas con paredes y techos que presenten una resistencia al fuego mínima de 120 minutos (F120).

- Sala de grupo electrógeno

Deberá adoptarse la misma separación indicada para sala de bombas, si fuera la fuente alternativa de alimentación de electricidad a las mismas.

- Drenaje de la sala de bombas

En caso de no disponer de un drenaje natural por gravedad se deberá prever un sistema de desagüe con bombas de achique.

3.1.3.2. Tanques

Las bombas tomarán el agua de tanques o cisternas subterráneas, a nivel o elevadas. No se permitirán dispositivos de cebado de ningún tipo, por lo cual la aspiración deberá ubicarse por debajo del nivel más bajo del tanque o cisterna de reserva en el caso de bombas de eje horizontal.

En caso de no contar con tanques, cisternas de agua o laguna, las bombas se deben abastecer de un río, lago o cualquier otra fuente que se considere que pueda proveer el caudal y volumen requeridos, siempre y cuando dicha fuente sea segura, o sea que asegure ambos parámetros en cualquier circunstancia.

Los tanques elevados sin equipos de bombeo para presurizar la red de incendio, no son aceptados excepto en aquellos casos en que cumplan en forma estricta los requisitos de caudal y presión solicitados para las bombas de incendio. Tampoco se acepta la red pública como fuente de agua directa a una instalación de incendio por la poca fiabilidad en la presión de las redes de distribución.

En el caso de que parte de la capacidad del tanque se destine a uso industrial se adoptará un dispositivo tal, que permita mantener permanentemente la reserva de agua establecida.

- Materiales constructivos

Los tanques de agua de incendio deben ser de hormigón armado, de placas de hormigón premoldeado o metálicos. No se aceptan tanques de plástico reforzado con fibra de vidrio ni otros materiales plásticos, excepto en aquellos casos en que se ubiquen a más de 20 metros de cualquier edificio o área de almacenamiento a proteger o en salas que conformen un sector de incendios con una resistencia al fuego de 120 minutos (F120) en paredes y techos.

3.1.4. Diseño del sistema

3.1.4.1. Hidrantes y bocas de incendio

Las redes de hidrantes y bocas de incendio aceptadas son redes abiertas o en anillo con hidrantes y bocas de incendio de 65 mm (2½”). Los mismos estarán equipados con mangueras de 65 mm (2½”) o mangueras de 45 mm (1¾”) con el correspondiente accesorio de reducción para la conexión de bocas de 65 mm a mangueras de menor diámetro. Sin embargo, los cálculos de parámetros hidráulicos del sistema y cañerías mínimas se realizarán siempre para hidrantes de 65 mm. El uso de mangueras de 45 mm (1¾”) se aceptará en los siguientes casos:

- Hidrantes interiores en establecimientos donde por la congestión del layout de maquinarias, racks de almacenamiento o divisiones interiores sea dificultoso tender las líneas de 65 mm;
- Establecimientos de riesgo leve o sectores de establecimientos industriales de riesgo leve.

Los hidrantes exteriores estarán equipados con las mangueras de 65 mm (2½”) únicamente. En todos los casos se contará con reserva de mangueras de 65 mm y accesorios igual al número de bocas de incendio de uso simultáneo para ser utilizadas por los bomberos públicos o la brigada interna del establecimiento, si fuese necesario.

Los hidrantes y bocas de incendio se distribuirán en toda la zona por proteger y se ubicarán de manera que sus radios de cobertura cubran todo el establecimiento. Se ubicarán preferiblemente cerca de las aberturas de acceso a los edificios, sobre las paredes o columnas exteriores. En caso de que no hubiese aberturas se instalarán sobre la pared perimetral interior.

Para fijar el límite de cobertura de cada hidrante y boca de incendio se tendrán en cuenta los obstáculos, tales como paredes o tabiques, estanterías o maquinarias que dificulten el acceso a las zonas por proteger. El radio de cobertura sin obstáculos será de 25 m para los hidrantes equipados con mangueras de 65 mm y 20 m para los de 45 mm.

No es necesario proteger con hidrantes aquellos niveles cuya superficie sea menor que 120 m². No es necesario instalar bocas de incendio en aquellos niveles que con superficies mayores que 120 m², pueden ser cubiertos por un hidrante ubicado en una escalera o puerta de acceso y siempre que la superficie sea menor que 200 m².

En el caso de sótanos se preverá la protección mediante una boca de incendio instalada junto a la escalera en la planta baja. En las plantas altas, las bocas de incendio se ubicarán preferentemente en las inmediaciones de las escaleras de acceso.

3.1.4.2. Sistema de cañerías

En los establecimientos que comprendan varios edificios o en aquellos donde el contorno de las construcciones y las distancias al perímetro del predio lo permita, se diseñará la red preferentemente en forma de anillos cerrados exteriores a los edificios.

Cada anillo tendrá válvulas seccionadoras con indicadores de posición abierto y cerrado en puntos estratégicos, de manera que, para el mantenimiento de un sector del anillo, el agua pueda fluir por otra parte, evitándose la anulación de la instalación en su totalidad.

Cuando los hidrantes exteriores o bocas de incendio interiores perimetrales del anillo no cubran la totalidad de la zona por proteger, se colocarán en el interior no cubierto de dicha zona, hidrantes de incendio para cubrir con un radio de 25 ó 20 m, respectivamente.

La cañería de los anillos será externa a los edificios (si no hay riesgos de congelamiento) cuando sea a nivel o sobreelevada del suelo, y en lo posible estará alejada lo necesario para evitar ser dañada por un eventual derrumbe de la edificación.

En los casos de construcciones metálicas las cañerías del anillo perimetral se tenderán preferentemente enterradas o en trinchera y seguirán el contorno de los edificios, aunque se admitirán cruzamientos con parte de las construcciones siempre que la tapada mínima sea de 1 metro.

Cuando las cañerías de alimentación conformen uno o varios anillos, no es necesario asumir el cierre de una parte de éstos para realizar el cálculo hidráulico de las cañerías. El cálculo se considerará cumplimentado cuando en los nodos de derivación del flujo la diferencia entre las presiones calculadas para los recorridos de circulación disponible no supere los 0,003 bar.

Para riesgos leves y moderados en plantas de hasta 10.000 m² puede omitirse el cálculo hidráulico, siendo válidos los siguientes diámetros mínimos:

- a) Redes cerradas en anillo: 4 “
- b) Ramales para 1 hidrante: 2½”
- c) Ramales para 2 ó 3 hidrantes: 3”

3.1.5. Componentes del sistema

3.1.5.1. Cañerías

Cañerías de acero: Cañerías a nivel o sobreelevadas que deberán cumplir como mínimo con alguna de las normas siguientes:

- a) IRAM 2506: Caños de acero al carbono sin costura;
- b) IRAM IAS U 500-2502: Caños de acero para la conducción de fluidos de usos comunes;
- c) IRAM IAS U 500-2613 / NM 210: Caños de acero con o sin costura según norma.

Podrán ser subterráneas si se protegen como mínimo externamente contra la corrosión.

Cañerías de plástico (PE, PRFV): Cañerías subterráneas que deberán cumplir con los requisitos de las normas IRAM 13432 o IRAM 13485 según corresponda.

Todos los ramales a nivel y los que conduzcan a los hidrantes y bocas de incendio serán de acero y contarán con los soportes adecuados para su sustentación segura. La distancia máxima entre soportes de acero debe ser de 4,50 m. Para el cálculo de los soportes se debe considerar una carga equivalente de 5 veces la masa del caño con agua más 115 Kg (NFPA 13).

Los accesorios deben ser de materiales compatibles con las cañerías a utilizar (acero, fundición, fundición maleable, etc.) y cumplir con las normas IRAM respectivas.

La presión mínima de trabajo de las cañerías, válvulas y accesorios en ningún caso debe ser menor de 10 bar. Si la presión estática en una boca de incendio es mayor que 12 bar se debe disponer de válvulas reguladoras de presión que la reduzcan al valor mencionado.

3.1.5.2. Equipamiento de los hidrantes y bocas de incendio

El largo de las mangueras debe ser de 25 m para mangueras de 65 mm y de 20 m para manguera de 45 mm (1¾”).

Las mangueras se ubicarán en un gabinete que cumpla con la norma IRAM 3539, recomendándose mantenerlas permanentemente conectadas a la boca de incendio, de manera que puedan utilizarse con prontitud.

También podrán instalarse en forma plegada vertical para facilitar su despliegue rápido, si lo permite el fabricante de las mangueras o enrollarse en porta carretes.

Las mangueras cumplirán con la norma IRAM 3548 o IRAM 3553.

Cada manguera se proveerá con una lanza de tipo combinado, chorro pleno y niebla, excepto para los casos especiales. La presión mínima para asegurar la formación de niebla será de 5 bares, salvo indicación específica del fabricante de las lanzas. Para los casos en que se necesite formación de espuma se deberán respetar las especificaciones del fabricante.

La altura del eje de conexión de la manguera de alimentación de la válvula del hidrante desde el nivel de piso debe ser entre 1 m y 1,40 m.

3.1.5.3. Conexión para bomberos

Se deben prever una o más conexiones en la línea municipal o en la entrada del edificio, para uso de los servicios públicos de incendio. Para riesgos leves y moderado grupo I se debe proveer una boca de impulsión de 65 mm sobre caño de igual diámetro, y para los demás riesgos doble boca de impulsión de 65 mm sobre cañería de 100 mm.

Cuando se instale sobre una pared debe colocarse como máximo a 0,60 m de altura, medida desde el piso.

3.1.5.4. Planos y especificaciones

Se deben confeccionar planos en escala en los que se indiquen la ubicación de los hidrantes y bocas de incendio, el recorrido y diámetro de las cañerías y los detalles de instalación de la sala de bombas de incendio. También se deben indicar en dicho plano o en un anexo que debe estar referenciado en el mismo, las pautas de diseño y memoria de cálculo de la instalación. Además, se deberá solicitar al instalador el manual de mantenimiento del sistema.

3.1.6. Pruebas del sistema

3.1.6.1. Prueba hidrostática

Se someterá al sistema de hidrantes y bocas de incendio a una presión de 14 bares o a la presión nominal de diseño más 4 bares, cuando la presión normal sea mayor que 10 bares, durante 2 horas y no deben observarse pérdidas.

En el caso de cañerías subterráneas las pruebas se realizarán antes de proceder al tapado de los distintos tramos.

3.1.6.2. Lavado con recirculación de agua

Se debe someter al sistema de cañerías a un lavado completo con circulación de agua por todos los tramos principales, de tal manera que se asegure una limpieza completa y la eliminación de posibles obstrucciones u objetos extraños dejados durante el montaje.

La velocidad mínima durante el lavado será de 3 m/s o igual al caudal de diseño de los distintos tramos.

3.1.7. Mantenimiento

Las pautas de inspección, mantenimiento y pruebas del sistema se deben basar en las tareas y frecuencias indicadas en los anexos de la Norma IRAM 3546: Empresas de Mantenimiento de Instalaciones Fijas contra Incendio.

3.1.8. Sistema de protección contra incendio

3.1.8.1. Cálculo de hidrantes y bocas de incendio

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en el apartado 3.1.4.1, se dimensiona el sistema de hidrantes de la siguiente manera:

	Ubicación	Pared	Cantidad de Hidrantes	Manguera [mm]	Radio de cobertura [m]
Planta baja	Planta de proceso	Perimetral Interna	4	65	25
	Depósito Cascara de Arroz	Interior Este	1	65	25
	Silos	Perimetral Exterior Oeste	1	65	25
	Deposito Producto Terminado	Interior Este	1	65	25
	Zona de Tanques	Interior Norte/Exterior Sur	2	65	25
	Playa de maniobras	Exterior Sur	1	65	25
Planta alta	Oficinas	Interior Sur	1	65	25
	Comedor	Interior Este	1	65	25
	Laboratorio de Calidad	Interior Sur	1	65	25
	Sector Jerárquico	Interior Oeste	1	65	25
	Superficie libre	Interior Sur	1	65	25

Tabla N° 6: Cantidad de hidrantes.

A continuación, se muestra la ubicación de los hidrantes en planta baja:

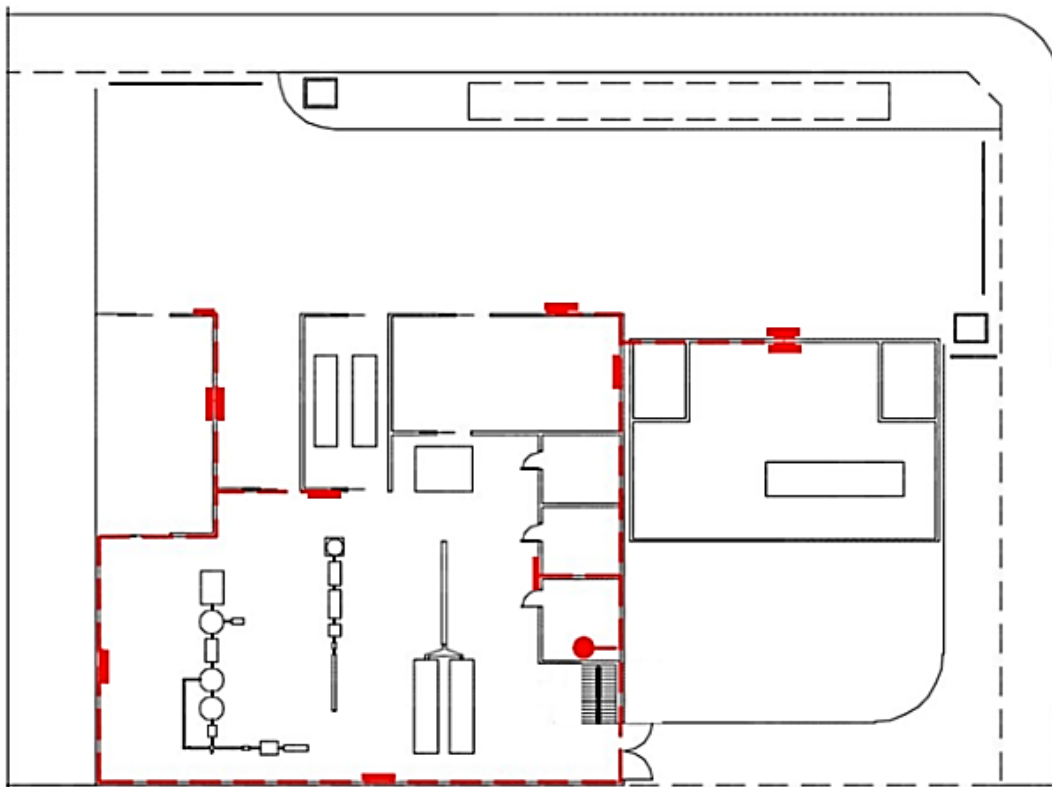


Figura N° 1: Plano de hidrantes – Planta Baja.

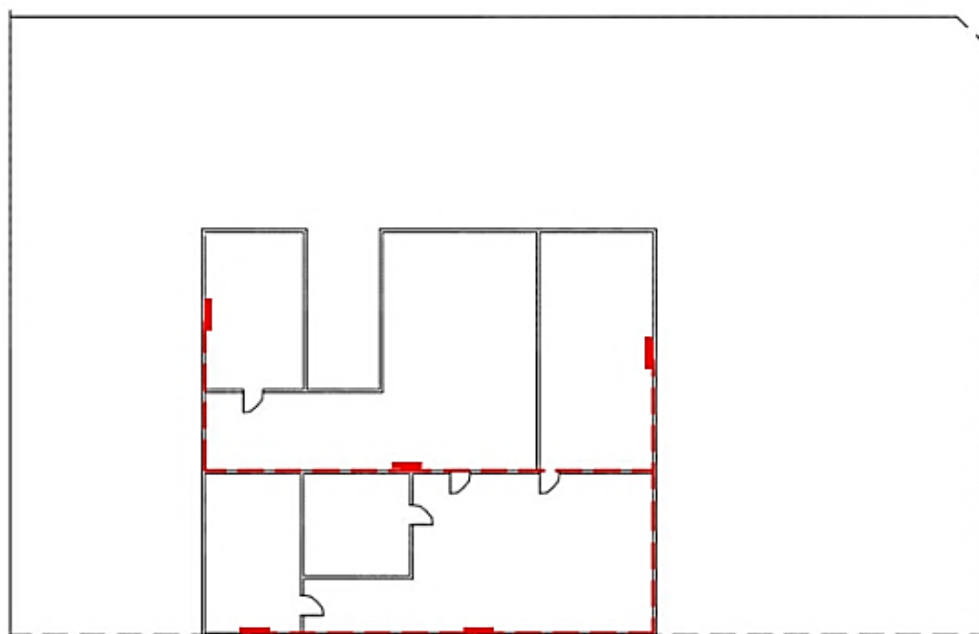


Figura N° 2: Plano de hidrantes – Planta Alta.

3.1.8.2. Tanque de reserva de agua

Dado el nivel de riesgo con el cual fue caracterizado el predio y el área del mismo, se obtuvo la capacidad que debía tener la reserva de agua para la protección contra incendios.

Alto de virola (m)	1,5
Largo de virola (m)	3
Cantidad de virolas a lo alto	5
Cantidad de virolas al perímetro	5
Altura real (m)	7,5
Perímetro real (m)	15
Diámetro real (m)	4,77
Sección real (m²)	17,9
Volumen real (m³)	134,29
Altura de llenado (m)	6,7
Volumen del fluido almacenado (m³)	120

Tabla N° 7: Cálculo del tanque de agua contra incendios.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta el consumo de agua del sistema de rociadores que se encuentra diseñado posteriormente en este capítulo. Para ello se considera que el consumo de los rociadores equivale al 7% de lo que consumirían el total de rociadores instalados con un caudal de 45 L/h cada uno. Adelantándonos en este punto, se tiene:

Caudal de un rociador (L/h)	45
Número de rociadores	359
Caudal total de rociadores (L/h)	16.155
Tiempo demandado (h)	1
Volumen de agua requerido (L)	16.155

Tabla N° 8: Consumo de agua del sistema de rociadores.

Por lo que al volumen del tanque ya calculado le faltarían 1,62 m³, que traducido en altura de tanque equivale a 0,091 m.

Se decide llenar el tanque a un nivel 0,091 m más alto de lo calculado anteriormente y no modificar el diseño. Para el cálculo de la potencia de la bomba, se desprecia esta diferencia de altura.

3.1.8.3. Anillo hidráulico

Teniendo en cuenta las consideraciones de la guía y el layout de la planta, así como el cálculo de los hidrantes en el apartado 3.1.8.1, se extiende el anillo hidráulico con cañerías de acero tanto elevadas como subterráneas en aquellos espacios en donde obstaculicen el paso vehicular o peatonal. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Longitud de cañería de planta baja (m)	180
Longitud de cañería de primer piso (m)	130
Diámetro nominal de cañería (m)	0,1524
Espesor nominal de cañería (m)	4,75
Longitud comercial de cañería (m)	6.40 m 12.80 m
Material de cañería	Acero al carbono s/ costura IRAM-2506
Codos a 90° redondeados	8
Válvulas esclusas	7
Presión de trabajo (bar)	10-12
Presión máxima admisible (bar)	50

Tabla N° 9: Características del anillo hidráulico.

3.1.8.4. Bomba de incendio

Para la selección de la bomba, se calcula la potencia requerida para que el hidrante hidráulicamente más desfavorable (taller pared exterior) opere a una presión de 5 bar en la boca de salida considerando el resto de las bocas de incendio abiertas. Para llevar a cabo el diseño se toma como punto 1 la superficie de agua en el tanque de reserva y como punto 2, el hidrante ubicado en el primer piso en la gerencia.

Planteando Bernoulli entre los puntos 1 y 2:

$$\frac{v_1^2}{2 \times g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{W}{g} = h_f + \frac{v_2^2}{2 \times g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

v: velocidad del fluido

P: presión en la línea

γ : peso específico del fluido

Z: altura

g: gravedad

W: potencia de la bomba

h_f : pérdida de carga en la cañería

Diámetro de la cañería (m)	0,152
Área de cañería (m²)	0,018
Caudal (m³/s)	0,033
v₁ (m/s)	0,000
v₂ (m/s)	1,828
P₁ (Pa)	101.300
P₂(Pa)	506.500
Z₁(m)	4
Z₂(m)	7,4
g(m/s²)	9,81
Peso específico (kg/m²s²)	9.810

Tabla N° 10: Datos para el cálculo de la potencia requerida.

- Cálculo de la pérdida de carga

De la ecuación de Darcy:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

f: factor de fricción de Fanning

L: longitud equivalente en tramo recto de cañería

D: diámetro de cañería

v: velocidad del fluido en la línea

g: gravedad

Longitud cañería recta (m)	90,6
Codos 90° redondeados	4
3,36 m/codo	13,44
Válvulas globo 100% abiertas	3
51,85 m/válvula	155,43
T con salida lateral	4
10 m/T	40
L (m)	299,47
v (m/s)	1,82
Diámetro (m)	0,1524
g (m/s²)	9,81

Tabla N° 11: Datos para el cálculo de la pérdida de carga.

Para el cálculo del factor de fricción de Fanning es necesario conocer el valor del Reynolds y la rugosidad relativa ($\epsilon/D = 0,0003$ para el acero al carbono).

De este modo, se entra con los dichos datos al diagrama de Moody y se obtiene f gráficamente.

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

ρ : densidad del fluido
 v : velocidad del fluido
 D : diámetro de cañería
 μ : viscosidad del fluido

D (m)	0,1524
ρ (kg/m³)	1.000
μ (kg/ms)	0,10
g (m/s²)	9,81
Re	2.786,27

Tabla N° 12: Cálculo del número de Reynolds.

Del diagrama de Moody, el número de Reynolds corresponde a la zona crítica, por lo tanto se toma la peor situación (mayor pérdida de carga).

f (flujo laminar)	0,023
f (flujo turbulento)	0,044

Tabla N° 13: Factor de fricción según el régimen de flujo.

La pérdida de carga será:

$$h_f = 14,60 \text{ m}$$

Finalmente, se calcula la potencia requerida de la bomba:

$$W = 26,08 \text{ HP}$$

Debe tenerse en cuenta el consumo del sistema de rociadores. Se procede de igual modo que para el cálculo del sistema de hidrantes y bocas de incendio, tomando como punto 1 la superficie del agua en el tanque y como punto 2, el rociador hidráulicamente más desfavorecido.

Se plantea Bernoulli para los rociadores.

Diámetro de la cañería (m)	0,055
Área de la cañería (m²)	0,0024
Caudal (m³/s)	0,0016
v₁ (m/s)	0
v₂ (m/s)	2,86
P₁ (Pa)	101.300
P₂ (Pa)	1.225.730
Z₁(m)	6,70
Z₂(m)	10
g (m/s²)	9,81
ρ (kg/m³)	1.000
Υ (kg/m²s²)	9.810

Tabla N° 14: Datos para el cálculo

- Cálculo de la pérdida de carga

De la ecuación de Darcy:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

L (m)	150
v₂ (m/s)	2,86
Diámetro de la cañería (m)	0,056
g (m/s²)	9,81

Tabla N° 15: Datos para el cálculo de la pérdida de carga.

Para el cálculo del factor de fricción de Fanning es necesario conocer el valor del Reynolds y la rugosidad relativa ($\epsilon/D = 0,0003$ para el acero al carbono).

El número de Reynolds, a partir de su ecuación se calcula con los datos correspondientes:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

D (m)	0,0548
P (kg/m³)	1000
μ (kg/m.seg)	0,1
g (m/seg²)	9,81
Re	1565,759

Tabla N° 16: Datos para el cálculo del número de Re.

De este modo, se entra con los datos mencionados al diagrama de Moody y se obtiene f gráficamente.

Del diagrama de Moody, el Reynolds corresponde a la zona laminar en donde f puede calcularse como $f=64/Re$. Para régimen laminar nos da un valor de $f=0,023$.

De esta manera se calcula el h_f que corresponde a 26,213 m. Con este valor puede calcularse la potencia de la bomba.

W/g (m)	143,72
W (W)	2255,79
W (HP)	3,03

Tabla N° 17: Potencia de la bomba requerida en diferentes unidades.

En consideración con la demanda del sistema se seleccionó la siguiente bomba:

Cantidad	1
Marca / Modelo	GRUNDFOS / HSEF 4-10G
Impulsor	213
Caudal solicitado (m³/h)	120
Caudal nominal (m³/h)	136
Caudal máximo admisible (m³/h)	204
Presión nominal (psi)	74
Caudal al 65% de la presión nominal (m³/h)	213
Presión a caudal (psi)0	82
Motor de dos polos	MMG / 200LA-E 50 Hz
Potencia del motor (kW)	30
Corriente del motor (A)	57,5/33

Tabla N° 18: Especificaciones de la bomba elegida.



Figura N° 3: Bomba de incendio elegida.

3.1.8.5. Motobomba

La motobomba tendrá las mismas especificaciones que la bomba de incendio ya que debe poder cumplir con los mismos requisitos de operación. La diferencia será que la bomba de incendio estará accionada eléctricamente con un motor de 30 kW (ver Tabla N° 18) mientras que la motobomba estará accionada por un motor diesel para asegurar el funcionamiento del sistema contra incendio ante un caso de corte de energía.

Como se indica en el apartado 3.1.3.1, el tanque de diesel de la motobomba tendrá el volumen necesario para brindar una autonomía de 3 hs de funcionamiento.

3.1.8.6. Bomba Jockey

La bomba jockey o bomba mantenedora de presión se trata de una bomba automática de menor tamaño y se instala en el sistema de protección contra incendio para compensar pérdidas de agua y mantener la presión de la red ya que las bombas de incendio no están diseñadas para este fin. Por lo tanto, son un equipo complementario que se necesita para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

Se trata de una bomba con motor eléctrico y, al igual que las bombas principales, aspira agua del abastecimiento y la impulsa a la red de protección contra incendios. La puesta en marcha se lleva a cabo de forma automática al igual que las bombas principales, pero ésta es capaz de detenerse de forma automática una vez obtenida la presión de set de los presostatos de arranque/paro.

Para su dimensionamiento se debe considerar que la misma aporte un caudal entre 2% a 10% del caudal nominal de la bomba principal.

La bomba seleccionada es de la marca EBARA modelo CVM con un caudal nominal de 12 m³/h el cual corresponde al 8,8% del caudal nominal de la bomba de incendio de modo que cumple el criterio establecido.

A continuación, se observa una imagen de la bomba jockey montada en el sistema contra incendio junto a la bomba principal.

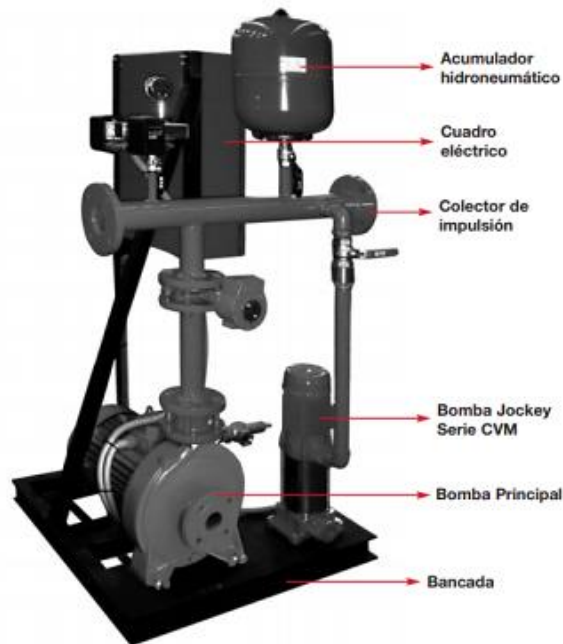


Figura N° 4: Bomba jockey montada en el sistema contra incendio junto a la bomba principal.

3.2. Protección en tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento poseerán su propio sistema de protección contra incendio a base de espuma debido a las posibles incompatibilidades con el agua o características combustibles. El sistema constará de boquillas de descarga de espuma que estarán ubicadas en el techo de los tanques. El agente espumógeno se encontrará almacenado en tanques para tal fin y ante la detección de fuego en un tanque, se activará el sistema de mezclado del agente espumógeno con agua y aire generando la expansión de la espuma y descargándola en el sector afectado.

3.3. Rociadores

El sistema de rociadores consta de una reserva de agua, bombas de impulsión, cañerías de distribución y rociadores automáticos con una cabeza sensible al calor que produce la apertura del mismo.

En la legislación argentina no existe especificación técnica que deban cumplirlos sistemas de rociadores; sin embargo, existen normas IRAM (traducciones de normas NFPA) para su diseño, cálculo, instalación y mantenimiento.

A continuación, se procede con el diseño hidráulico del sistema de rociadores para la planta de polímero biodegradable según la norma NFPA 13.

3.3.1. Clasificación de las ocupaciones

- a) Riesgo Leve: Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.
- b) Riesgo ordinario - Grupo I: Ocupaciones donde la combustibilidad es baja, a cantidad de combustibles es moderada, las pilas de almacenamiento de combustibles no superan los 2.4 m de altura y se esperan incendios con índice de liberación de calor moderado.
- c) Riesgo ordinario - Grupo II: Ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es de moderada a alta, las pilas de almacenamiento de combustibles no superan los 3.7 m de altura y se esperan incendios con índices de liberación de calor de moderados a altos.
- d) Riesgo Extra: Ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es muy alta y están presentes líquidos inflamables o combustibles, polvo, pelusas u otros materiales que introducen la probabilidad de incendios con desarrollo rápido y elevados índices de liberación de calor.

- Grupo I: Poco o ningún contenido de líquido inflamable o combustible.
- Grupo II: Contenido moderado a considerable de líquido inflamable o combustible.

Dada la clasificación de la norma, la planta se incluye en la categoría de riesgo extra (grupo II).

3.3.2. Clasificación de los rociadores

Los rociadores se clasifican según su tiempo de respuesta en:

- a) De respuesta rápida: poseen un elemento térmico con índice de tiempo de respuesta (RTI: Response Time Index) de $50 \text{ (m.seg)}^{1/2}$ o menor
- b) De respuesta estándar: poseen un elemento térmico con RTI de $80 \text{ (m.seg)}^{1/2}$ o mayor.

Según sus características de diseño se clasifican en:

- a) Rociadores pulverizadores montantes y pendientes normales: Se permiten en todas las clasificaciones de riesgo de las ocupaciones y en todos los tipos de construcciones;
- b) Rociadores deflectores de pared: Se instalan únicamente en ocupaciones de riesgo leve con cielorrasos lisos y planos;
- c) Rociadores de cobertura extendida: Se limitan a construcciones sin obstrucciones que presenten cielorrasos lisos y planos, con una inclinación no mayor a 158 mm/m ;
- d) Rociadores abiertos: Para riesgos especiales, no poseen accionadores ni elementos de respuesta al calor;
- e) Rociadores residenciales: Para unidades habitacionales y pasillos contiguos;
- f) Rociadores de supresión temprana y respuesta rápida: Para tipos específicos
- g) de incendio de alto riesgo, en edificios donde la inclinación del techo no supere los 158 mm/m ;

- h) Rociadores de gota grande: Capaz de producir gotas de agua grandes características, para tipos específicos de incendio de alto riesgo.

Basados en esta clasificación y el tipo de riesgo en planta, optamos por los rociadores de gota grande. Para la simplificación de los cálculos, también se instalarán estos rociadores en el edificio administrativo y comedor.

3.3.3. Posición, ubicación y espaciamiento

Los rociadores deben posicionarse de modo de proporcionar una protección del área razonable para el resguardo de la vida humana y los bienes materiales.

Deben instalarse en la totalidad del edificio, ubicados de manera tal de no exceder el área máxima de cobertura de cada rociador.

El área de protección por rociador A_s se determina según:

$$A_s = S \times L \quad (1)$$

Donde S es la distancia entre rociadores (o dos veces la distancia a la pared u obstrucción en el caso del último rociador del ramal). Se escoge el valor mayor entre estos. L es la distancia entre ramales (o dos veces la distancia entre el último ramal y la pared u obstrucción).

El área máxima de protección permitida para un rociador debe ser acorde con el tipo de rociador y no mayor a los 36 m² para cualquier rociador. En este caso, el área máxima de protección para rociadores de gota grande se determina según la tabla y en ningún caso debe superar los 12.9 m². El área mínima no debe ser menor a 7.4 m².

Tipo de Construcción	Área de Protección (pies ²)	Espaciamiento Máximo (pies)
No combustible, sin obstrucciones	130	12
No combustible, con obstrucciones	130	12
Combustible, sin obstrucciones	130	12
Combustible, con obstrucciones	100	10

Para unidades SI: 1 pie² = 0,0929 m²; 1 pie = 0,3048 m.

Tabla N° 19: Área de Protección y espaciamiento máximo para rociadores de gota grande.

La distancia máxima entre los rociadores debe cumplir con el valor indicado por tipo de rociador. No debe superar los 3,70 m (12 pies) ni espaciarse a menos de 2.4 m para evitar que los rociadores en funcionamiento humedezcan rociadores adyacentes y para evitar que no se activen los rociadores.

La distancia máxima a las paredes no debe ser mayor a la mitad de la distancia máxima entre rociadores indicada en la tabla. La distancia mínima a la pared debe ser de 102 mm

3.3.4. Posición del deflector

Bajo construcciones sin obstrucciones, la distancia entre deflector del rociador y el cielorraso no debe ser menor a 152 mm ni mayor a 203 mm.

Bajo construcciones con obstrucciones, la distancia entre deflector del rociador y el cielorraso no debe ser menor a 152 mm ni mayor a 305 mm.

Los deflectores deben alinearse paralelos a los cielorrasos y techos.

3.3.5. Obstrucciones a la carga del rociador

Los rociadores deben ubicarse buscando minimizar las obstrucciones a la descarga o deben posicionarse rociadores adicionales para asegurar una adecuada cobertura del riesgo.

3.3.6. Diseño del sistema

Se considera un área de protección por rociador de 12 m² con cuyo valor se estima el número de rociadores (N) requeridos en cada área. Luego, se propone un valor de S (espaciado entre rociadores) tomando en cuenta los límites de distancia permitidos y se calcula L (distancia entre ramales) con la ecuación (1).

A continuación se obtiene un valor recomendado de rociadores por ramal según (2) y se calcula la cantidad de ramales propuestos según (3).

$$\frac{\text{Rociadores}}{\text{Ramal}} = 1.2 \times \frac{\sqrt{\text{Área sector}}}{S} \quad (2)$$

$$\text{Ramales} = \frac{\text{Rociadores}}{\text{Rociadores/Ramal}} \quad (3)$$

Teniendo en cuenta las dimensiones del sector y el espaciado entre ramales permitido, se obtienen L y S para cada sector.

Por último, se verifica que la cantidad de rociadores sea igual o mayor a la mínima requerida y que el área de cobertura por rociador sea menor a la máxima tolerada por tipo de rociador (12.9 m² para el caso).

Dicho esto, se obtienen los siguientes resultados.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
As (área de operación)	7,4	12,9	m ²
	79,66	138,9	pie ²
S (Distancia entre rociadores)	2,4	3,7	m
	7,87	12,14	pie
L (distancia entre ramales)	0,102	1,85	m
	0,335	6,07	pie

Tabla N° 20: Dimensiones a considerar para la ubicación de los rociadores.

Con los criterios mencionados y las superficies de cada sector, se hizo realizó un cálculo de la cantidad de rociadores requeridos por sector, por ramal y la cantidad de rociadores en cada uno de ellos. Los mismos se pueden observar en la siguiente tabla:

Sector	Superficie [m²]	N° rociadores	N° rociadores por ramal	Ramales
Planta de proceso	1078,4	90	14	7
Depósito Cascara de Arroz	190	16	6	3
Depósito STPP y Sulfato de Sodio	110,8	10	5	2
Deposito Producto Terminado	200	17	6	3
Sala de Control	41,3	4	3	2
Taller de Mantenimiento	41,3	4	3	2
Sala de Bombas y Caldera	48,9	5	3	2
Oficinas	518,9	44	10	5
Comedor	277,8	24	7	4
Vestuarios	110,8	10	5	2
Sector Jerárquico	159	14	6	3
Superficie Libre	449,3	38	9	5

Tabla N° 21: Cálculo de cantidad de ramales y rociadores de cada sector.

Posteriormente, se utilizó el cálculo mencionado como base para ubicar los rociadores en los distintos sectores de la planta. Al ubicarlos físicamente en el layout, se corrigió la cantidad de rociadores y ramales respecto a lo calculado (Tabla N° 21: Cálculo de cantidad de ramales y rociadores de cada sector.

, respetando siempre que las cantidades fueran mayores o iguales a lo calculado. De esta forma se obtiene la siguiente tabla que muestra la cantidad real de rociadores y ramales por sector:

Sector	Superficie [m ²]	Nº rociadores reales	Nº rociadores por ramal real	Ramales
Planta de proceso	1078,4	98	16	6,2
Depósito Cascara de Arroz	190	21	7	3
Depósito STPP y Sulfato de Sodio	110,8	18	6	3
Deposito Producto Terminado	200	21	7	3
Sala de Control	41,3	6	3	2
Taller de Mantenimiento	41,3	6	3	2
Sala de Bombas y Caldera	48,9	5	3	2
Oficinas	518,9	56	9	6,5
Comedor	277,8	36	9	4
Vestuarios	110,8	12	4	3
Sector Jerárquico	159	18	6	3
Superficie Libre	449,3	62	12	5

Tabla N° 22: Cantidad real de ramales y rociadores de cada sector.

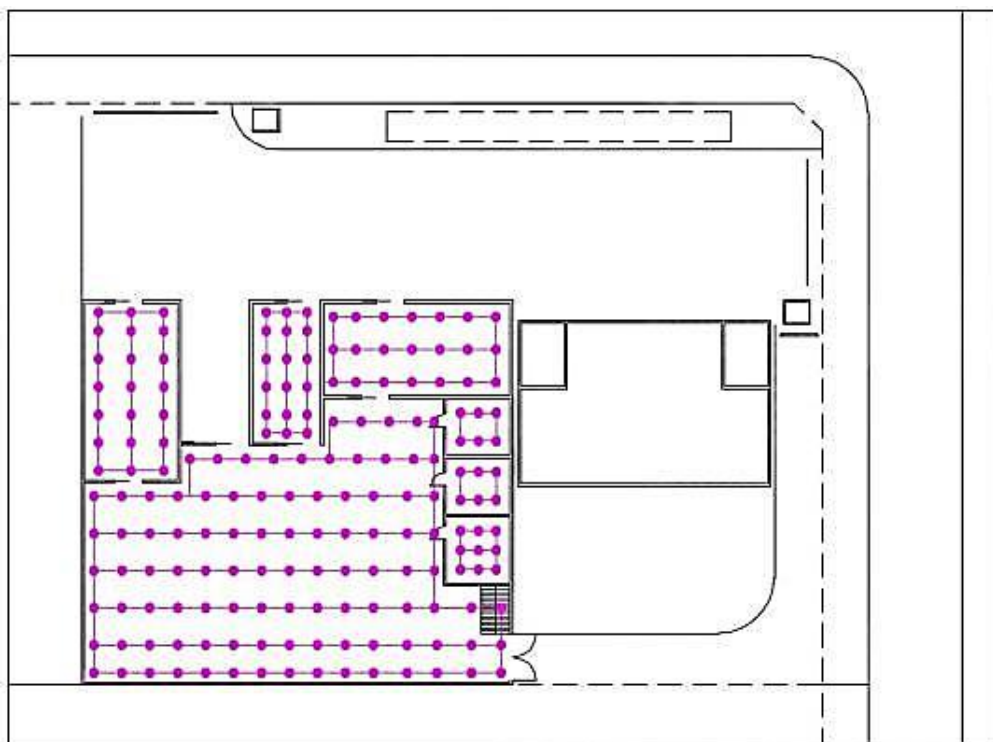


Figura N° 5: Plano de rociadores – Planta Baja.

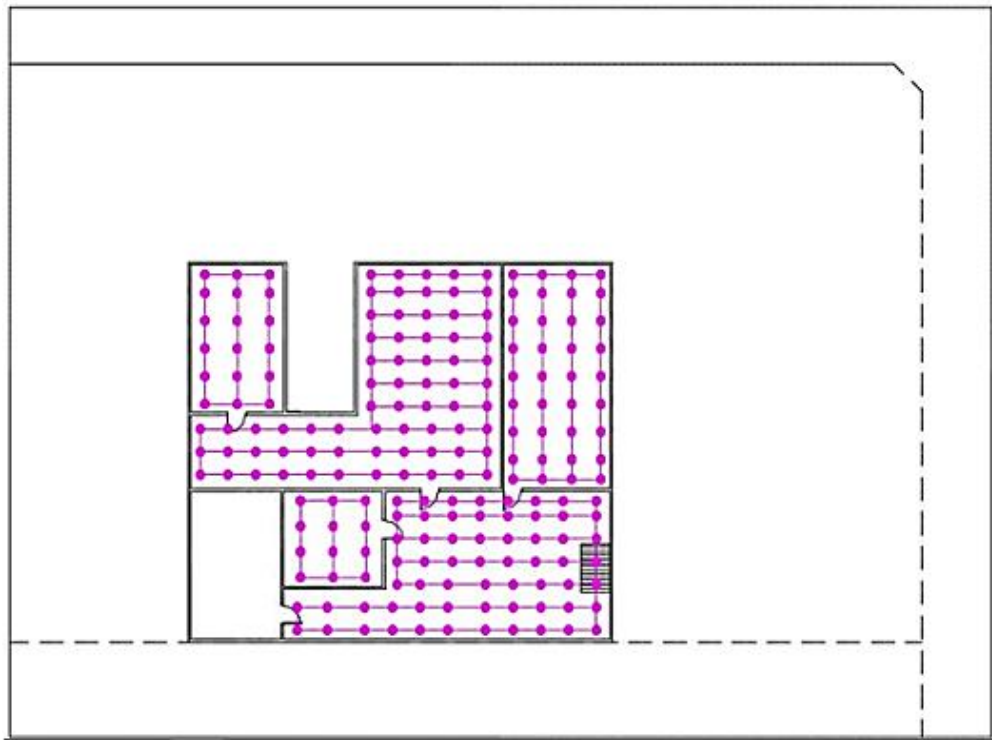


Figura N° 6: Plano de rociadores– Planta Alta.

3.3.6.1. Requisitos de demanda de agua – Método de cálculo hidráulico

El suministro de agua empleado exclusivamente para rociadores debe determinarse a partir de las curvas área/densidad de la figura que se observa a continuación:

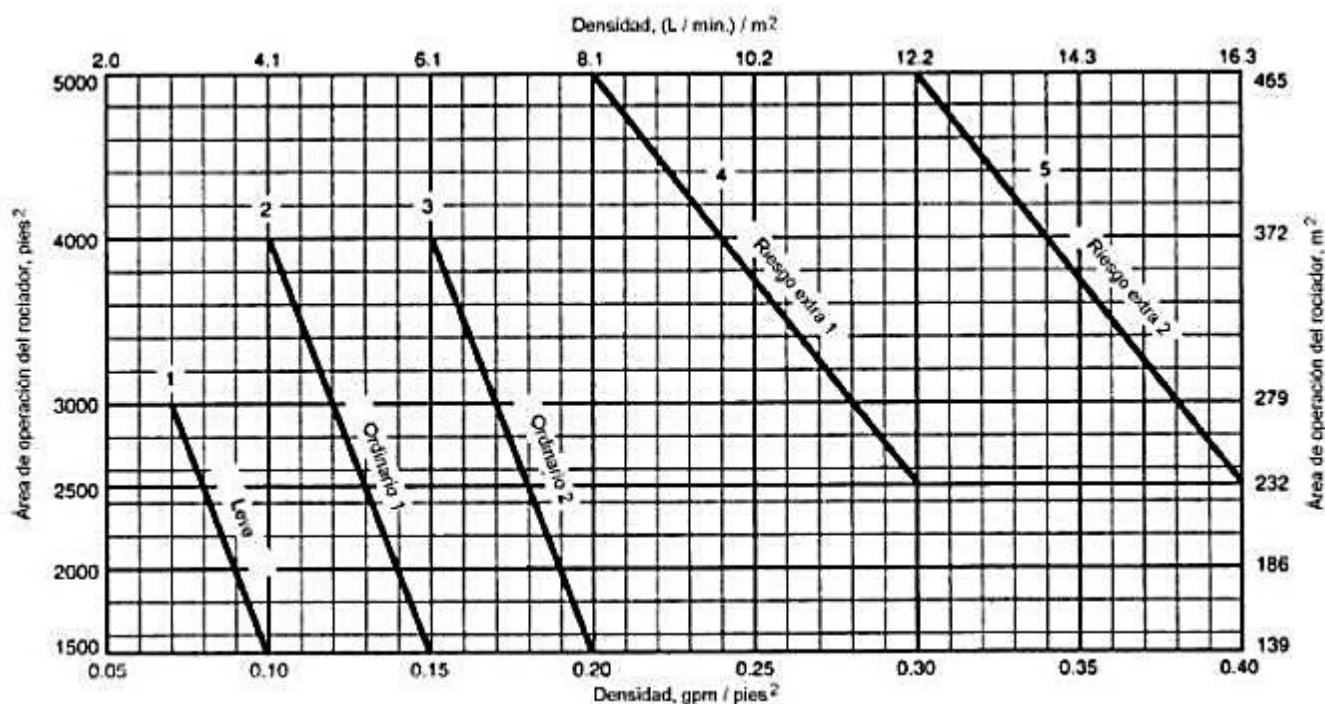


Figura N° 7: Curvas de área – densidad para el suministro de agua de rociadores.

Para áreas de operación de rociadores menores a 232 m² en ocupaciones de riego extra debe utilizarse la densidad correspondiente a 232 m².

La presión mínima de operación no debe ser menor a 25 psi y la presión máxima de descarga en el rociador hidráulicamente más remoto, debe ser 95 psi.

El área de diseño debe ser rectangular con una dimensión paralela a los ramales de por lo menos 1,20 veces la raíz cuadrada del área protegida por el número de rociadores a incluir en el área de diseño.

El diámetro nominal de las tuberías de los ramales no debe ser menor a 1 ¼ pulgadas ni mayor a 2 pulgadas.

3.3.6.2. Tuberías

Las tuberías utilizadas en sistemas de rociadores deben cumplir o exceder alguna de las normas de la tabla. Otros tipos de tubería requieren de haber sido investigadas para la compatibilidad con las instalaciones; estos materiales incluyen polibutileno, cloruro de polivinilo clorado y aceros que difieran de los indicados en la tabla del Anexo XVI.

Cuando se usen tuberías de acero y se unan por soldadura o con tuberías o accesorios ranurados, el espesor de pared nominal mínimo para presiones de hasta 20,70 bar debe estar de acuerdo con el de las tuberías Schedule 10 para tamaños de hasta 5 pulgadas; 0,134 pulgadas para tubos de 6 pulgadas y 0,18 pulgadas para tubos de 8 y 10 pulgadas.

Cuando las tuberías de acero se unen con accesorios roscados o con tuberías ranuradas, el espesor de pared nominal mínimo para presiones de hasta 20.7bar debe estar de acuerdo con el de tuberías Schedule 30 para tuberías de 8pulgadas o mayores; Schedule 40 para tuberías de menores a 8 pulgadas.

Las tuberías de cobre especificadas deben tener un espesor de pared del tipo K, L o M.

Para el caso, seleccionamos tuberías de acero galvanizado de 2 pulgadas de diámetro nominal Sch 10. Los valores de espesor de pared y diámetro interior se aprecian en la tabla del Anexo XII.

Para el cálculo de la pérdida de carga se considera el rociador más remoto, es decir, aquel más alejado en planta (esquina noroeste).

Para el cálculo de la longitud equivalente por accesorios y válvulas se recurrió a la tabla de la norma en el Anexo XIV.

Como los valores de aquí extraídos son específicos para tuberías sch 40, deben multiplicarse por un factor de corrección F según:

$$F = \left[\frac{\text{Diámetro interno real}}{\text{Diámetro interno para sch 40}} \right]^{4.87}$$

De esta forma se definen las siguientes tuberías:

Tubería de acero al carbono de 2 pulgadas, Sch 10	
Longitud cañería lineal (m)	300
Diámetro interior p/ Sch 10 (mm)	54,8
Diámetro interior p/ Sch 40 (mm)	52,5
Factor de corrección "F"	1,23

Tabla N° 23: Característica de las tuberías definidas.

También se consideraron los accesorios de las cañerías para calcular la pérdida de carga. Los mismos se listan a continuación:

Accesorios	Cantidad	Leq Sch 40 (pie)	Leq Sch 10 (pie)	Leq Sch 10 (m)	Leq Sch 10 total (m)
Codo estándar a 90°	4	20	24,64	7,52	7,52
T o cruz	16	10	12,32	3,76	60,09

Tabla N° 24: Recuento de accesorios de tuberías.

3.3.6.3. Pérdida de carga

La pérdida de carga por fricción de las tuberías debe determinarse en base a la fórmula de Hazen-Williams.

$$p_m = 6.05 \times \frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85} \times d_m^{4.87}} \times 10^5$$

Donde:

p_m : Resistencia por fricción (bar/m)

Q_m : Caudal (L/min) = 130.651

C: Coeficiente de pérdida por fricción = 120

d_m : Diámetro interior real de la tubería (mm) = 54.8

Del cálculo se obtiene un valor de resistencia por fricción de 0,5012 bar/m.

3.3.7. Sistema de tuberías y válvulas

3.3.7.1. Válvulas de control del sistema

Las válvulas de las conexiones a los suministros de agua, las válvulas seccionales de control y demás válvulas en tuberías de alimentación de rociadores, deben ser supervisadas en posición abierta por medio de alguno de los siguientes métodos:

- a) Servicio de señalización a estación central o privada remota.
- b) Servicio local de señalización que originará la activación de una señal audible en un punto atendido de forma constante.
- c) Válvulas bloqueadas en posición abierta.
- d) Válvulas ubicadas en el interior de cerramientos cercados, bajo el control del propietario, selladas en posición abierta e inspeccionadas semanalmente como parte de un procedimiento aprobado.

3.3.7.2. Válvulas reductoras de presión

En sectores del sistema con componentes que no hayan sido listados para la presión normal de operación (175 psi / 12,10 bar) y exista la posibilidad de superar dicha presión, debe instalarse una válvula reductora de presión listada y calibrada para una presión de salida que no supere los 165 psi / 2.4 bar) a la presión máxima de entrada.

Deben instalarse manómetros tanto del lado de entrada como de salida de cada válvula reductora de presión.

Debe proporcionarse una válvula no menor a 1/2 pulgada del lado de la descarga de la válvula reductora de presión, calibrada para operar a una presión que no supere los 175 psi.

3.3.7.3. Sistema de drenaje

Todos los tubos y accesorios de los rociadores deben estar instalados de forma tal que el sistema pueda ser drenado. Deben tomarse todas las medidas que permitan drenar adecuadamente el sistema.

Las conexiones de drenaje para las tuberías verticales de alimentación y tuberías principales del sistema, deben dimensionarse según la tabla.

Además, deben proporcionarse drenajes auxiliares cuando un cambio de dirección en la tubería evite que ella drene a través de la válvula principal de drenaje.

3.3.7.4. Protección de tuberías

Cuando partes del sistema estén sujetos a congelamiento y no se pueda mantener de modo confiable la temperatura en valores mayores a 4°C, los rociadores deben instalarse como un sistema seco² o de preacción³.

Cuando las tuberías de abastecimiento, tuberías verticales de alimentación, tuberías de alimentación del sistema o tuberías principales de alimentación pasen a través de áreas abiertas, cámaras frías, pasadizos u otras áreas expuestas a congelamiento, la tubería debe protegerse del congelamiento por medio de revestimientos aislantes, cerramientos a prueba de heladas u otros medios confiables capaces de mantener la temperatura mínima.

Cuando se conozca la existencia de condiciones de corrosión provocadas por humedad y/o vapores provenientes de químicos corrosivos, deben utilizarse accesorios, tubos y soportes de tipos especiales resistentes a la corrosión o debe aplicarse un recubrimiento protector sobre todas las superficies expuestas no protegidas del sistema de rociadores.

Las tuberías de acero, cuando se encuentren expuestas a la intemperie o sean subterráneas, deben estar externamente galvanizadas o protegidas de algún modo contra la corrosión.

3.3.7.5. Manómetros

Debe instalarse un manómetro con una conexión no menor a 1/4 pulgada en el drenaje principal del sistema, en cada drenaje principal asociado a una válvula de control de piso y en los lados de entrada y salida de cada válvula reductora de presión. Cada conexión para manómetro debe estar equipada con una válvula de cierre y con medios para drenaje. Los equipos de medición deben poseer un límite máximo no

² Sistema de tubería seca: sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire o nitrógeno bajo presión, y cuya liberación desde el momento de apertura de un rociador, permite que la presión de agua abra una válvula que se conoce como válvula de tubería seca. El agua fluye entonces hacia el sistema de tuberías y sale por los rociadores abiertos.

³ Sistema de preacción: sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire, que puede o no estar bajo presión; con un sistema de detección suplementario instalado en las mismas áreas que los rociadores. El accionamiento del sistema de detección abre una válvula que permite que el agua fluya dentro de las tuberías del sistema de rociadores y se descargue desde cualquier rociador que esté abierto.

menor a dos veces la presión normal de trabajo en el punto de instalación y ubicarse en lugares que no estén sujetos a congelamiento.

3.3.8. Mantenimiento del sistema

Los sistemas de rociadores instalados bajo esta norma deben inspeccionarse, ensayarse y mantenerse adecuadamente de acuerdo con la norma NFPA 25 (Norma para la Inspección, Ensayo y Mantenimiento de los Sistemas de Protección contra Incendios a base de Agua) para proporcionar por lo menos el mismo nivel de desempeño y protección para el que fueron diseñados. El propietario debe hacerse responsable del mantenimiento del sistema y de su conservación en buenas condiciones operativas.

3.4. Carga de fuego

Se realizó el estudio de carga de fuego de la planta con la finalidad de determinar el poder extintor necesario para cada sector de incendio, y así conocer la cantidad y distribución de los matafuegos en la planta.

El cálculo se basó en el decreto N° 351/1979 – Anexo VII.

Se entiende como carga de fuego al peso en madera por unidad de superficie (kg/m^2) capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el sector de incendio. Como patrón de referencia se considerará madera con poder calorífico inferior de 4.400 kcal/kg.

Se entiende como sector de incendio al local o conjunto de locales, delimitados por muros y entrepisos de resistencia al fuego acorde con el riesgo y la carga de fuego que contiene, comunicados por un medio de escape.

Se considerarán para el cálculo todos los materiales sólidos y los líquidos o gaseosos contenidos en cañerías, barriles y depósitos.

A los efectos de su comportamiento ante el calor u otra forma de energía, las materias y los productos que con ella se elaboren, transformen, manipulen o almacenen, se dividen en las siguientes categorías:

- a) Explosivos: Sustancia o mezcla de sustancias susceptibles de producir en forma súbita, reacción exotérmica con generación de grandes cantidades de gases.
- b) Inflamables: Líquidos que pueden emitir valores que, mezclados en proporciones adecuadas con el aire, originan mezclas combustibles.
- c) Muy combustibles: Materias que, expuestas al aire, puedan ser encendidas y continúen ardiendo una vez retirada la fuente de ignición, por ejemplo: hidrocarburos pesados, madera, papel, tejidos de algodón y otros.
- d) Combustibles: Materias que puedan mantener la combustión aún después de suprimida la fuente externa de calor; por lo general necesitan un abundante aflujo de aire; por ejemplo: Determinados plásticos, cueros, lanas, madera y tejidos de algodón tratados con retardadores y otros.

- e) Poco combustibles: Materias que se encienden al ser sometidas a altas temperaturas, pero cuya combustión invariablemente cesa al ser apartada la fuente de calor, por ejemplo: Celulosas artificiales y otros.
- f) Incombustibles: Materias que al ser sometidas al calor o llama directa, pueden sufrir cambios en su estado físico, acompañados o no por reacciones químicas endotérmicas, sin formación de materia combustible alguna, por ejemplo: hierro, plomo y otros.
- g) Refractarias: Materias que, al ser sometidas a altas temperaturas, hasta 1500 °C, aún durante períodos muy prolongados, no alteran ninguna de sus características físicas o químicas, por ejemplo: amianto, ladrillos refractarios, y otros.

A cada material, según la actividad a la que se dedique el sector, se le asigna un riesgo asociado según la siguiente tabla:

TABLA: 2.1.							
Actividad Predominante	Clasificación de los materiales Según su combustión						
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4	Riesgo 5	Riesgo 6	Riesgo 7
Residencial Administrativo	NP	NP	R3	R4	--	--	--
Comercial Industrial Depósito	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Espectáculos Cultura	NP	NP	R3	R4	--	--	--

NOTAS
 Riesgo 1= Explosivo
 Riesgo 2= Inflamable
 Riesgo 3= Muy Combustible
 Riesgo 4= Combustible
 Riesgo 5= Poco Combustible
 Riesgo 6= Incombustible
 Riesgo 7= Refractarios
 N.P.= No permitido
 El riesgo 1 "Explosivo se considera solamente como fuente de ignición.

Tabla N° 25: Clasificación de materiales según combustión.

Para el cálculo de la carga de fuego de la planta estudiada, se considera que coexisten materiales de las siguientes categorías:

- Explosivos (R1): Hidróxido de sodio y Ácido sulfúrico presentes en la zona de tanques.
- Inflamables (R2): Glicerina y etanol presentes en la zona de tanques. Aceites comestibles en zona de cocina. Lubricantes, solventes y pintura en áreas de mantenimiento.
- Muy Combustibles (R3): Papel, cartón, madera, tela, presentes en casi todas las áreas de trabajo.
- Combustibles (R4): Cascara de arroz presente en el depósito de la planta de procesos. Pellets de polímero biodegradable en el depósito de producto terminado. Madera y plásticos presentes en casi todas las áreas de trabajo.
- Poco combustibles (R5): Almidón presente en la zona de silos.

- Incombustibles (R6): Tripolifosfato de Sodio y Sulfato de sodio presentes en el depósito externo de la planta.

Las cantidades en peso de cada material se han discriminado por área según criterios de necesidad, dependiendo de la cantidad de personal que deba albergarse y el equipamiento requerido en cada área.

En la siguiente tabla se describen los cálculos realizados para hallar la carga de fuego en cada sector de incendio.

Sector	Superficie [m ²]	Material combustible	Cantidad m.c [kg]	Poder calorífico m.c [kcal/kg]	Peso equivalente en madera [kg]	Poder Calorífico madera [kcal/kg]	Carga de fuego parcial [kg/m ²]	Carga de fuego total [kg/m ²]
Planta de proceso	1078,4	Glicerina	15000	4000	13636,36	4400	12,64	19,39
		Almidón	5000	4000	4545,45	4400	4,21	
		Etanol	2000,00	6000	2727,27	4400	2,53	
		Equipos	Si	-	-	-	-	
Zona de tanques	450,1	Glicerina	40650	4000	36954,55	4400	82,10	99,37
		Etanol	5698,89	6000	7771,21	4400	17,27	
Silos	110,8	Almidón	96010	4000	87281,82	4400	787,74	787,74
Depósito Cascara de Arroz	190	Madera	100	4400	100	4400	0,53	952,78
		Cascara de arroz	198800	4000	180727,27	4400	951,20	
		Plástico	100	5000	113,64	4400	0,60	
		Papel	50	4000	45,45	4400	0,24	
		Tela	40	4500	40,91	4400	0,22	
Depósito STPP y Sulfato de Sodio	110,8	STPP		-	-	-	-	1,27
		Sulfato de Sodio		-	-	-	-	
		Madera	100	4400	100	4400	0,90	
		Tela	40	4500	40,91	4400	0,37	
Deposito Producto Terminado	200	Pellets de polímero biodegradable	227360	5000	258363,64	4400	1291,82	1292,57
		Madera	100	4400	100	4400	0,5	
		Tela	50	4500	51,14	4400	0,26	
Sala de Control	41,3	Equipos	Si	-	-	-	-	1,71
		Madera	40	4400	40	4400	0,97	
		Tela	30	4500	30,68	4400	0,74	
Sala de Bombas y Caldera	48,9	Equipos	Si	-	-	-	-	1,82
		Madera	40	4400	40	4400	0,82	
		Tela	30	4500	30,68	4400	0,63	
		Papel	20	4000	18,18	4400	0,37	
Oficinas	518,9	Computadoras	Si		-			2,54
		Papel	800	4000	727,27	4400	1,40	
		Madera	400	4400	400	4400	0,77	
		Tela	32	4500	32,73	4400	0,06	
		PVC	140	5000	159,09	4400	0,31	

Comedor	277,8	Aceite comestible	70	8870	141,11	4400	0,51	0,78
		tela	30	4500	30,68	4400	0,11	
		papel	50	4000	45,45	4400	0,16	
Laboratorio de Calidad	155,3	Madera	20	4400	20	4400	0,13	2,27
		Computadoras-equipos	si	-	-	-	-	
		Plástico	100	5000	113,64	4400	0,73	
		Papel	100	4000	90,91	4400	0,59	
		Glicerina	20	4000	18,18	4400	0,12	
		Almidon	15	4000	13,64	4400	0,09	
		PVC	20	5000	22,73	4400	0,15	
		Polietileno	10	10000	22,73	4400	0,15	
		Solventes orgánicos	20	11000	50	4400	0,32	
Taller de Mantenimiento	41,3	Aceites Lubricantes y Grasas	50	10000	113,64	4400	2,75	5,37
		Tela	50	4500	51,14	4400	1,24	
		Plástico	50	5000	56,82	4400	1,38	
Vestuarios	110,8	Papel	20	4000	18,18	4400	0,16	1,08
		Madera	50	4400	50	4400	0,45	
		Tela	50	4500	51,14	4400	0,46	
Sector Jerárquico	159	Computadoras	Si	-	-	-	-	1,62
		Papel	100	4000	90,91	4400	0,57	
		Madera	100	4400	100	4400	0,63	
		Tela	10	4500	10,23	4400	0,06	
		PVC	50	5000	56,82	4400	0,36	

Tabla N° 26: Cálculos de carga de fuego

3.4.1. Tipos de fuego

3.4.1.1. Clase A

Fuego de materiales combustibles sólidos (madera, tejidos, papel, plástico, etc.). Para su extinción requieren de enfriamiento, o sea se elimina el componente temperatura. El agua es la sustancia extintora ideal. Se usan matafuegos Clase A, ABC o AB.

3.4.1.2. Clase B

Fuego de líquidos combustibles (pinturas, grasas, solventes, naftas, etc.). Se apagan eliminando el oxígeno o interrumpiendo la reacción en cadena que se produce durante la combustión. Se usan matafuegos BC, ABC, AFFF (espuma).

3.4.1.3. Clase C

Fuego de equipos eléctricos bajo tensión. El agente extintor no debe ser conductor de la electricidad por lo que no se pueden usar soluciones acuosas (matafuegos de agua o espuma). Se usan matafuegos Clase BC ó ABC. (Una vez cortada la corriente, se puede usar agua o extintores Clase A o espuma química AFFF).

3.4.1.4. Clase D

Fuego originado por metales inflamables. Los matafuegos cargados con agente extintor de polvo clase D, son especialmente apropiados para la protección de incendios son haya un riesgo con metales inflamables (sodio, magnesio, potasio, entre otros).

3.4.1.5. Clase K

Fuego de aceites vegetales o grasas animales. Requieren extintores especiales para fuegos Clase K, que contienen una solución acuosa de acetato de potasio que en contacto con el fuego producen un efecto de saponificación que enfría y aísla el combustible del oxígeno.

3.4.2. Cálculo de potencial de extintores

El potencial extintor mínimo de los matafuegos para fuegos clase A, responderá a lo establecido en la tabla de la norma:

TABLA 1					
CARGA DE FUEGO	RIESGO				
	Riesgo 1 Explos.	Riesgo 2 Inflam.	Riesgo 3 Muy Comb.	Riesgo 4 Comb.	Riesgo 5 Por comb.
hasta 15kg/m ²	--	--	1 A	1 A	1 A
16 a 30 kg/m ²	--	--	2 A	1 A	1 A
31 a 60 kg/m ²	--	--	3 A	2 A	1 A
61 a 100kg/m ²	--	--	6 A	4 A	3 A
> 100 kg/m ²	A determinar en cada caso				

Tabla N° 27: Potencial extintor mínimo (fuegos clase A).

El potencial mínimo de los matafuegos para fuegos de clase B, responderá a lo establecido en la siguiente tabla, también proveniente de la norma:

TABLA 1					
CARGA DE FUEGO	RIESGO				
	Riesgo 1 Explos.	Riesgo 2 Inflam.	Riesgo 3 Muy Comb.	Riesgo 4 Comb.	Riesgo 5 Por comb.
hasta 15kg/m ²	--	6 B	4 B	--	--
16 a 30 kg/m ²	--	8 B	6 B	--	--
31 a 60 kg/m ²	--	10 B	8 B	--	--
61 a 100kg/m ²	--	20 B	10 B	--	--
> 100 kg/m ²	A determinar on cada caso				

Tabla N° 28: Potencial extintor mínimo (fuegos clase B).

Se definió para la planta en estudio el riesgo asociado en cada sector de incendio, el potencial extintor mínimo requerido para cada tipo de extintor según las tablas anteriores, la necesidad de instalar extintores tipo C (justificada por la presencia de equipos con alimentación eléctrica) o extintores tipo K (justificada por la ubicación en zona destinada a cocina). De catálogos de proveedores se eligen los modelos de extintores necesarios, asegurando que se cubra el poder extintor mínimo necesario.

El criterio para la estimación de cantidad mínima de extintores es de un extintor cada 200 m².

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Sector	Área [m ²]	Riesgo	Potencial extintor A	Potencial extintor B	Potencial extintor C	Potencial extintor K	Cantidad mínima de extintores	Cantidad real de extintores	Tipo de extintor
Planta de proceso	1078,4	2 y 4	1A	8B	Si	No	3,878	4	HCFH 123 ABC 1A-10B 5 kg
Depósito STPP y Sulfato de Sodio	110,8	5	1A	-	Si	No	0,508	1	HCFH 123 ABC 1A-3B 2,5 kg
Depósito de cáscara de arroz	190	3 y 2	50A	-	Si	No	4 ⁴	4 ¹	Polvo ABC sobre ruedas 100 kg
Depósito de producto terminado	387,7	2 y 4	70A	-	Si	No	4 ¹	4 ¹	Polvo ABC sobre ruedas 100 kg
Zona de Silos	110,8	4	40A	-	No	No	4 ¹	4 ¹	Polvo ABC sobre ruedas 100 kg
Sala de Control	41,3	4	1A	-	Si	No	0,684	1	HCFH 123 ABC 1A-3B 2,5 kg
Taller de Mantenimiento	41,3	2,3 y 4	1A	6B	Si	No	1,074	2	HCFH 123 ABC 1A-10B 5 kg
Sala de Bombas	48,9	4	1A	6B	Si	No	1	2	HCFH 123 ABC 1A-10B 5 kg
Oficinas	518,9	3 y 4	1A	-	Si	No	1,016	2	HCFH 123 ABC

⁴ Ver explicación en apartado 3.4.5.

									1A-3B 2,5 kg
Comedor	277,8	2, 3 y 4	1A	-	Si	Si	1	1	Acetato de potasio AK 6 L
Laboratorio de Calidad	155,3	2, 3, 4 y 5	1A	6B	Si	No	0,454	1	HCFH 123 ABC 1A-10B 5 kg
Vestuarios	110,8	3 y 4	1A	-	Si	No	0,432	1	HCFH 123 ABC 1A-3B 2,5 kg
Sector Jerárquico	159	3 y 4	1A	-	Si	No	0,648	2	HCFH 123 ABC 1A-3B 2,5 kg

Tabla N° 29: Cantidad de extintores.

3.4.3. Tipos de extintores

3.4.3.1. Extintores de dióxido de carbono

Eliminan el oxígeno del tetraedro del fuego creando una atmósfera inerte y disminuyen el calor debido a la baja temperatura del mismo.

Los matafuegos de CO₂ deben usarse únicamente para extinguir fuegos Clase B o C. Son poco efectivos para fuegos Clase A.

Los matafuegos de CO₂ son diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de incendio Clase B (combustibles líquidos y gaseosos) y Clase C (equipos eléctricos energizados).

Aplicaciones típicas: Industrias, equipos eléctricos, viviendas, transporte, comercios, escuelas, aviación, garajes, etc.

3.4.3.2. Extintores clase K para cocinas

Estos matafuegos (extintores) para cocinas contienen una solución a base de acetato de potasio, para ser utilizados en la extinción de fuegos de aceites vegetales no saturados para los que se requiere un agente extintor que produzca un agente refrigerante y que reaccione con el aceite produciendo un efecto de saponificación que sella la superficie aislándola del oxígeno.

La fina nube vaporizada previene que el aceite salpique, atacando solamente la superficie del fuego.

Los extintores a base de acetato de potasio para fuegos de clase K fueron creados para extinguir fuegos de aceites vegetales en freidoras de cocinas comerciales.

Aplicaciones típicas: Restaurantes, cocinas industriales, etc.

3.4.3.3. Extintores a base de productos halogenados

Actúan, al igual que los extintores a base de polvo, interrumpiendo la reacción química del tetraedro de fuego.

Tienen la ventaja de ser agentes limpios, no dejan residuos luego de la extinción. Los matafuegos de HCFC 123 bajo presión son diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de fuego Clase A (combustibles sólidos), Clase B (combustibles líquidos y gaseosos) y Clase C (equipos eléctricos energizados).

Aplicaciones típicas: Áreas de computadoras, comunicaciones, bibliotecas, documentos, galerías de arte, laboratorios, etc.

3.4.3.4. Extintores de polvo químico seco

Actúan interrumpiendo la reacción química presente en el fuego. El polvo químico ABC es el agente extintor más utilizado en la actualidad y es efectivo para fuegos clase A, B y C. En los fuegos clase A actúa enfriando la superficie en llamas ya que se funde, absorbiendo calor, además crea una barrera entre el oxígeno y el combustible en llamas.

Aplicaciones típicas: Industrias, oficinas, viviendas, depósito de combustibles, transporte, comercios, escuelas, aviación, garajes, etc.

3.4.4. Distribución de extintores en la planta

Se representan con un punto rojo en el esquema del layout. El criterio para ubicarlos es, según norma, que ningún lugar de la planta quede por fuera de los 15 metros de distancia al extintor más cercano.

Otras condiciones de extinción a cumplir, exigidas por norma:

- a) Todo edificio deberá poseer matafuegos con un potencial mínimo de extinción equivalente a 1 A y 5 BC, en cada piso, en lugares accesibles y prácticos, distribuidos a razón de 1 cada 200 m² de superficie cubierta o fracción. La clase de estos elementos se corresponderá con la clase de fuego probable;
- b) Condición E1: Se instalará un servicio de agua, cuya fuente de alimentación será determinada por la autoridad de bomberos de la jurisdicción correspondiente. En actividades predominantes o secundarias, cuando se demuestre la inconveniencia de este medio de extinción, la autoridad competente exigirá su sustitución por otro distinto de eficacia adecuada;
- c) Condición E3: Cada sector de incendio con superficie de piso mayor que 600 m² deberá cumplir la condición E1; la superficie citada se reducirá a 300 m² en subsuelos;
- d) Condición E9: Los depósitos e industrias de riesgo 2, 3 y 4 que se desarrollen al aire libre, cumplirán la condición E1, cuando posean más de 600, 1.000 y 1.500 m² de superficie de predios sobre los cuales funcionan, respectivamente. (La playa de tanques de encuentra protegida por la red de incendios, con hidrantes monitores y rociadores puntuales sobre los tanques).

A continuación, se muestra la ubicación de los matafuegos en planta alta y planta baja:

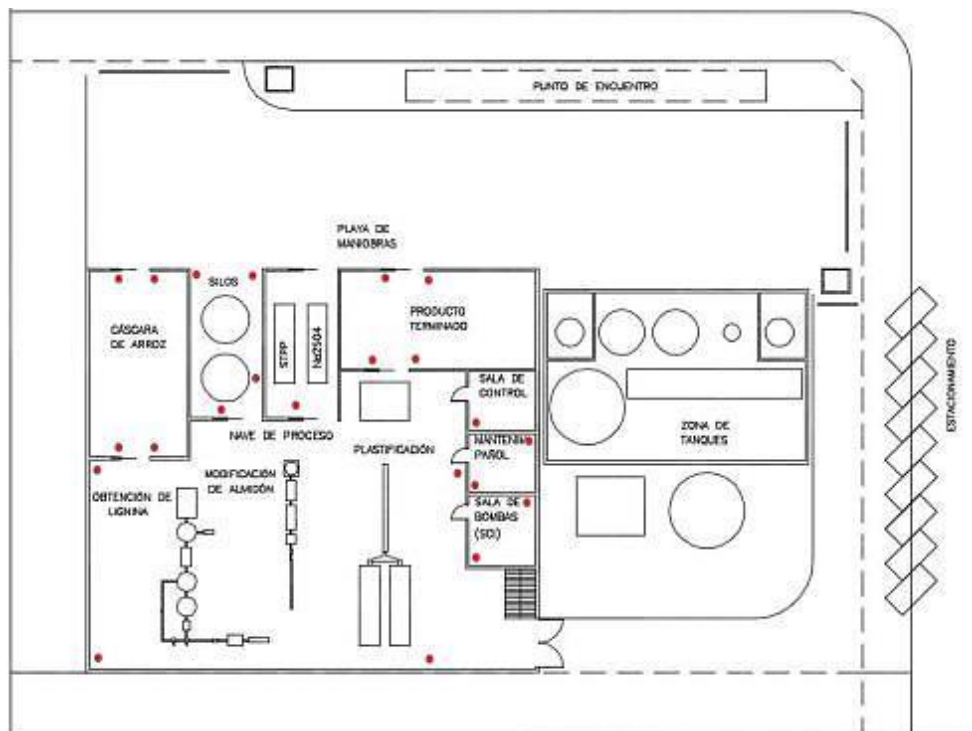


Figura N° 8: Plano de Extintores – Planta Baja.

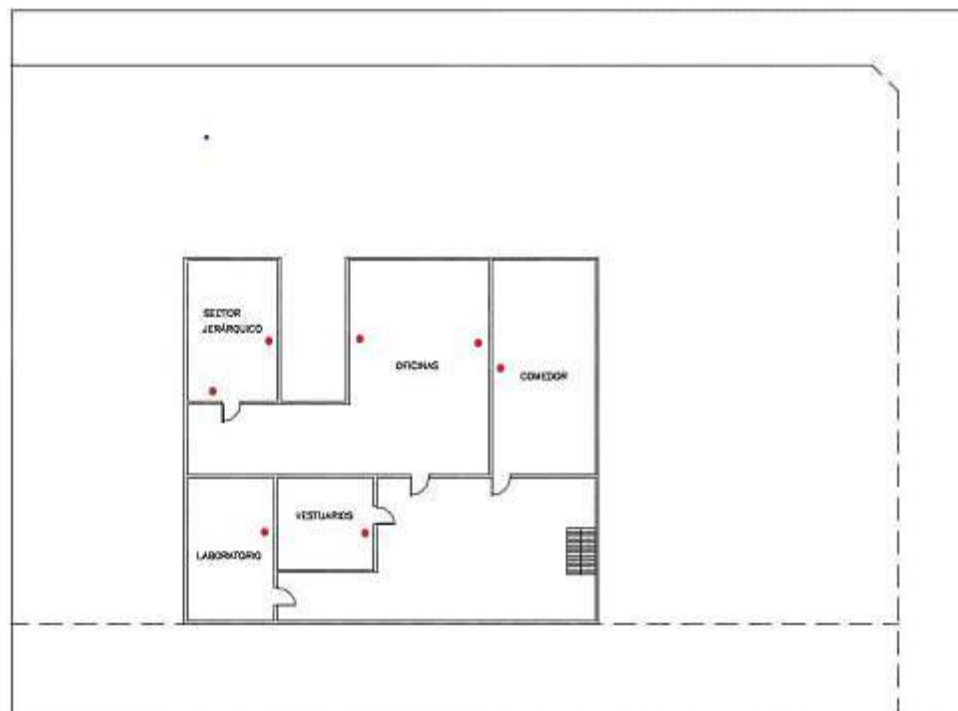


Figura N° 9: Plano de Extintores – Planta Alta.

3.4.5. Consideraciones especiales

En los casos de la zona de silos, depósito de cáscara de arroz y depósito de producto terminado donde la carga de fuego supera los 100 kg/m², se tomarán las siguientes consideraciones:

- Poder extintor: la carga de fuego es demasiado alta para determinar el poder extintor por tabla ya que la misma excede la escala de la norma. Por lo tanto, se estimó el valor extrapolando a partir de un dato conocido. En este caso se utilizó como base la carga de fuego de la planta de proceso (19,39 kg/m²) que según el riesgo asignado requiere un poder extintor de 1(A) y a partir de ese valor se calculó el poder extintor de los depósitos mencionados.
- Selección y cantidad de extintores: debido a la razón nombrada en el punto anterior, no resultaba conveniente emplear la misma metodología de cálculo para determinar la cantidad mínima de extintores (carga de fuego/capacidad del extintor). Es por eso que se definió una cantidad de 4 extintores para cada una de las zonas mencionadas y se eligió un extintor de gran capacidad (100 kg) del tipo ABC para poder asegurar la zona.
- Instalaciones especiales: adicionalmente, se agregarán muros cortafuegos rodeando los depósitos a modo de aislarlos de la planta de procesos.

3.5. Medios de evacuación

Se define como un medio de salida exigido, que constituye la línea natural de tránsito que garantiza una evacuación rápida y segura. Cuando la edificación se desarrolla en uno o más niveles el medio de escape estará constituido por:

- a) Primera sección: Ruta horizontal desde cualquier punto de un nivel hasta una salida;
- b) Segunda sección: Ruta vertical, escaleras abajo hasta el pie de las mismas;
- c) Tercera sección: Ruta horizontal desde el pie de la escalera hasta el exterior de la edificación.

3.5.1. Ancho mínimo de pasillos, escaleras y corredores

Factor de ocupación: Número de ocupantes por superficie de piso, que es el número teórico de personas que pueden ser acomodadas sobre la superficie de piso. Es la proporción de una persona por cada equis (x) metros cuadrados.

USO	X en m ²
a) Sitios de asambleas, auditorios, salas de conciertos, salas de baile.	1
b) Edificios educacionales, templos.	2
c) Lugares de trabajo, locales, patios y terrazas destinados a comercio, mercados, ferias, exposiciones, restaurantes.	3
d) Salones de billares, canchas de bolos y bochas, gimnasios, pistas, de patinaje, refugios nocturnos de caridad.	5
e) Edificios de escritorios y oficinas, bancos, bibliotecas, clínicas, asilos, internados, casas de baile.	8
f) Viviendas privadas y colectivas	12
g) Edificios industriales: el número de ocupantes será declarado por el propietario, en su defecto será	16
h) Salas de juego	2
i) Grandes tiendas, supermercados, planta baja y 1er. subsuelo	3
j) Grandes tiendas, supermercados, pisos superiores	8
k) Hoteles, planta baja y restaurantes	3
l) Hoteles, pisos superiores	20
m) Depósitos	30

En subsuelo, excepto para el primero a partir del piso bajo, se supone un número de ocupantes doble del que resulta del cuadro anterior.

Tabla N° 30: Factor de ocupación.

El ancho total mínimo, la posición y el número de salidas y corredores, se determinará en función del factor de ocupación del edificio y de una constante que incluye el tiempo máximo de evacuación y el coeficiente de salida.

El ancho total mínimo se expresará en unidades de anchos de salida que tendrán 0,55 m. cada una, para las dos primeras y 0,45 m. para las siguientes, para edificios nuevos. Para edificios existentes, donde resulten imposibles las ampliaciones se permitirán anchos menores, de acuerdo al siguiente cuadro:

El ancho mínimo permitido es de dos unidades de ancho de salida. En todos los casos, el ancho se medirá entre zócalos.

El número "n" de unidades de anchos de salida requeridas se calculará con la siguiente fórmula: "n" = N/100, donde N: número total de personas a ser evacuadas (calculado en base al factor de ocupación).

Las fracciones iguales o superiores a 0,5 se redondearán a la unidad por exceso.

Unidades	Edificios nuevos	Edificios existentes
2 unidades	1,10 m	0,96 m
3 unidades	1,55 m	1,45 m
4 unidades	2,00 m	1,85 m
5 unidades	2,45 m	2,30 m
6 unidades	2,90 m	2,80 m

Tabla N° 31: Ancho mínimo de pasillos, corredores y escaleras.

El ancho mínimo permitido para la planta en estudio será de 1,10 m para escaleras, pasillos y corredores en todos los casos. Esta condición se cumple para toda la planta, de acuerdo con su layout.

3.5.2. Cantidad de medios de escape

La cantidad de medios de escape o escaleras independientes se determinará de acuerdo a las siguientes reglas.

Cuando por cálculo, corresponda no más de tres unidades de ancho de salida, bastará con un medio de salida o escalera de escape.

Cuando por cálculo, corresponda cuatro o más unidades de ancho de salida ($n=4$), el número de medios de escape y de escaleras independientes se obtendrá por la expresión:

$$\text{N}^\circ \text{ de medios de escape y escaleras} = \frac{n}{4} + 1$$

A continuación, se muestra una tabla donde se han verificado los factores de ocupación, los anchos mínimos de pasillo requeridos y los medios de escape necesarios. Puede verse el esquema de evacuación en el anexo.

Sector	Área [m2]	F. O. Por norma [m2/persona]	Ocupación [personas]	N= Área/F.O.	F.O. real	n=N/100	N° de unidades (ancho de vías)	N° mínimo de vías = n/4 + 1
Planta de proceso	1078,4	16	10	67,40	107,84	0,674	2(1,10 m)	1
Depósito Cascara de Arroz	190	30	3	6,33	63,33	0,063	2(1,10 m)	1
Depósito STPP y Sulfato de Sodio	110,8	30	3	3,69	36,93	0,037	2(1,10 m)	1
Deposito Producto Terminado	200	30	4	6,67	50,00	0,067	2(1,10 m)	1
Sala de Control	41,3	16	2	2,58	20,65	0,026	2(1,10 m)	1
Taller de Mantenimiento	41,3	16	2	2,58	20,65	0,026	2(1,10 m)	1
Sala de Bombas y Caldera	48,9	16	2	3,06	24,45	0,031	2(1,10 m)	1
Oficinas	518,9	20	10	25,95	51,89	0,259	2(1,10 m)	1
Comedor	277,8	20	3	13,89	92,60	0,139	2(1,10 m)	1
Laboratorio de Calidad	155,3	20	3	7,77	51,77	0,078	2(1,10 m)	1
Vestuarios	110,8	20	3	5,54	36,93	0,055	2(1,10 m)	1
Sector Jerárquico	159	20	3	7,95	53,00	0,080	2(1,10 m)	1
Zona de Tanques	450,1	30	4	15,00	112,53	0,150	2(1,10 m)	1

Tabla N° 32: Calculo de factor de ocupación.

Condiciones establecidas por norma que se deben cumplir dentro de la planta, en relación con los medios de escape:

- a) Todo local o conjunto de locales que constituyan una unidad de uso en piso bajo, con comunicación directa a la vía pública, que tenga una ocupación mayor de 300 personas y algún punto del local diste más de 40 metros de la salida, medidos a través de la línea de libre trayectoria, tendrá por lo menos dos medios de escape. Para el segundo medio de escape, puede usarse la salida general o pública que sirve a pisos altos, siempre que el acceso a esta salida se haga por el vestíbulo principal del edificio.
- b) Para pisos altos:
 - Distancia máxima a una caja de escalera: Todo punto de un piso, no situado en piso bajo, distará no más de 40 m de la caja de escalera a través de la línea de libre trayectoria; esta distancia se reducirá a la mitad en sótanos.
 - Las escaleras deberán ubicarse en forma tal que permitan ser alcanzadas desde cualquier punto de una planta, a través de la línea de libre trayectoria, sin atravesar un eventual frente de fuego.
 - Independencia de la salida: Cada unidad de uso tendrá acceso directo a los medios exigidos de escape. En todos los casos las salidas de emergencia abrirán en el sentido de circulación



Figura N° 10: Plano de Evacuación – Planta Baja.

4. Bibliografía

- Ministerio de Salud. Provincia de Buenos Aires. Ley de Higiene y Seguridad Recuperado de: http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/files/2017/02/Ley_19587.pdf.
- Ministerio de Salud. Provincia de Buenos Aires. Ley de Higiene y Seguridad - DEC. 351/79 Recuperado de: http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/files/2017/02/Decreto_351-79.pdf.
- Círculo de Ingenieros de Riesgo (CIR). Sistema de Protección contra Incendio. Guía Técnica CIR N° 1: Diseño y pautas de instalación de sistemas de hidrantes y bocas de incendio Recuperado de: <http://www.cirargentina.com.ar/PDF/CIR-GT1-Sistema%20de%20Hidrantes-Junio%202014%20VF.pdf>.
- Sistema de Protección contra Incendio. Norma NFPA 13: Estándares para la instalación de un sistema de rociadores Recuperado de: <https://es.slideshare.net/zoo0frog/nfpa-13-1996-espaol>.
- Estructplan consultora. Carga de Fuego y Evacuación - DEC 351/79 Anexo VII Recuperado de: <https://www.estrucplan.com.ar/Legislacion/Nacion/Decretos/Dec00351-79- Anexo7.htm>.
- Ferreceptsa. Sistema de Protección contra Incendio. Tuberías de acero al carbono sin costura Recuperado de: <http://ferreceptsa.com.mx/tubo-sin-costura.php>.
- PREFIRE. QDS, ¿Qué debería saber sobre las bombas jockey en sistemas de protección contra incendios? Recuperado de: <https://www.prefire.es/qds/QDS-Bombajockey.pdf>.
- EBARA. Software de Cálculo y Selección de Equipos Contra Incendios. Recuperado de: http://ebaras.es/wp-content/uploads/2015/03/cat_incendio.pdf.
- Matafuegos MELISAM. Extintor a base de agua con acetato de potasio para cocina. Recuperado de: <http://www.extintoresmelisam.com.ar/documentos/Acetato-de-Potasio%202015.pdf>.
- Extintores YUKON. Catálogo de producto. Edición 2016. Recuperado de: <http://www.yukonargentina.com.ar/extintores/catalogo-Extintores-2016.pdf>.
- Matafuegos MELISAM. Extintores sobre ruedas presurizados a base de polvo ABC. Recuperado de: <http://www.extintoresmelisam.com.ar/documentos/ABC-Sobre-ruedas-2015.pdf>.
- Leza, Escriña y Asociados S.A. Incendios en supermercados y depósitos de mercadería. Recuperado de: <https://www.lea.com.ar/circulares/0504.pdf>.
- Incendios y Seguridad – Aplicación y tipo de Espuma. Recuperado de: <http://www.incendiosyseguridad.com/seccion-1.0.0/SCI-1.1.1.1.html>.

5. Anexos

5.1. Anexo I: Límites permisibles para carga térmica

Régimen de trabajo y descanso	Tipo de trabajo		
	Liviano (menos de 230 W)	Moderado (230-400W)	Pesado (más de 400 W)
Trabajo continuo (Ocho horas diarias)	30,0	26,7	25,0
75 % trabajo y 25 % - descanso, cada hora	30,6	28,0	25,9
50 % trabajo y 50 % - descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
25 % trabajo y 75 % - descanso, cada hora	32,2	31,1	30,0

*Valores de TGBH en ° C

5.2. Anexo II: Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual

(Basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros por ej. en lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósito de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	3000 5000 a 10000	Trabajo fino de relojería y reparación Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

5.3. Anexo III: Intensidad mínima de iluminación

(Basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
Oficinas	
Sala de conferencias	300
Circulación	200
Bancos	
Iluminación general	500
Sobre zonas de escritura y cajas	750
Sala de caudales	500
Química	
Planta de procesamiento:	
Circulación general	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre aparatos:	
Iluminación sobre plano vertical	200
Iluminación sobre mesas y pupitres	400
Laboratorio de ensayo y control:	
Iluminación general	400
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Caucho:	
Preparación de la materia prima	200
Fabricación de neumáticos	200
Vulcanización de las envolturas y cámaras de aire	300
Jabones:	
Iluminación general de las distintas operaciones	300
Panel de control	400
Pinturas:	
Procesos automáticos	200
Mezcla de pinturas	600
Combinación de colores	1000
Plásticos:	
Calandrado, extrusión, inyección, compresión y moldeado por soplado	300
Fabricación de laminas, conformado, maquinado, fresado, pulido, cementado y recortado	400
Depósito, almacenes y salas de empaque:	
Piezas grandes	100
Piezas pequeñas	200
Expedición de mercaderías	300

5.4. Anexo IV: Índice parcial de exposición para niveles sonoros entre 80 dBA y 115 dBA y duración hasta 48 horas por semana

Duración por semana		Nivel sonoro en dBA							
horas	minutos	80	85	90	95	100	105	110	115
	10					5	10	35	110
	o menos								
	12					5	15	40	130
	14					5	15	50	155
	16					5	20	55	175
	18					5	20	60	195
	20					5	20	70	220
	25				5	10	25	85	275
0,5	30				5	10	35	105	330
	40				5	15	45	140	440
	50				5	15	55	175	550
1	60			5	5	20	65	220	660
	70			5	10	25	75	245	770
	80			5	10	25	85	275	880
1,5	90			5	10	30	100	300	990
	100			5	10	35	110	345	1100
2	120			5	15	40	130	415	1320
2,5				5	15	50	165	520	1650
3				5	20	60	195	625	1980
3,5			5	5	25	75	230	730	2310
4			5	10	25	85	265	835	2640
5			5	10	35	105	330	1040	3290
6			5	15	40	125	395	1250	3950
7			5	15	45	145	460	1460	4610
8			5	15	50	165	525	1670	5270
9			5	20	60	185	595	1880	6930
10		5	5	20	65	210	660	2080	6590
12		5	10	25	80	250	790	2500	7910
14		5	10	30	90	290	920	2900	9220
16		5	10	35	105	335	1050	3330	10500
18		5	10	35	120	375	1190	3750	11900
20		5	15	40	130	415	1320	4170	13200
25		5	15	50	165	520	1650	5210	16500
30		5	20	60	195	625	1980	6250	19800
35		5	25	75	230	730	2310	7290	23100
40		10	25	85	265	835	2640	8330	26400
44		10	30	90	290	915	2900	9170	29000
48		10	30	100	315	1000	3160	10000	31600

5.5. Anexo V: Índice compuesto de exposición sonora

Indice Parcial (E1)	Nivel sonoro continuo equivalente (Neq) dBA
10	80
15	82
20	83
25	84
30	85
40	86
50	87
60	88
80	89
100	90
125	91
160	92
200	93
250	94
315	95
400	96
500	97
630	98
800	99
1000	100
1250	101
1600	102
2000	103
2500	104
3150	105
4000	106
5000	107
6300	108
8000	109
10000	110
12500	111

5.6. Anexo VI: Máxima exposición sonora diaria permisible

Exposición Diaria		Nivel Máximo Permisible
Horas	Minutos	dBA (A)
8	-	90
7	-	90,5
6	-	91
5	-	92
4	-	93
3	-	94
2	-	96
1	-	99
-	30	102
-	15	105
-	1	115

5.7. Anexo VII: Distancia de seguridad para prevención de descargas disruptivas

Nivel de tensión	Distancia mínima
0 a 50 kV.	ninguna
más de 50 V. hasta 1 kV.	0,80 m
1 kV. hasta 33 kV.	0,80 m (1)
33 kV. hasta 66 kV.	0,90 m (2)
66 kV. hasta 132 kV.	1,50 m (2)
132 kV. hasta 150 kV.	1,65 m (2)
150 kV. hasta 220 kV.	2,10 m (2)
220 kV. hasta 330 kV.	2,90 m (2)
330 kV. hasta 500 kV.	3,60 m (2)

(1) Estas distancias pueden reducirse a 0,60 m, por colocación sobre los objetos con tensión de pantallas aislantes de adecuado nivel de aislación y cuando no existan rejas metálicas conectadas a tierra que se interpongan entre el elemento con tensión y los operarios.

(2) Para trabajos a distancia, no se tendrá en cuenta para trabajos a potencial.

5.8. Anexo VIII: Diagrama de Moody

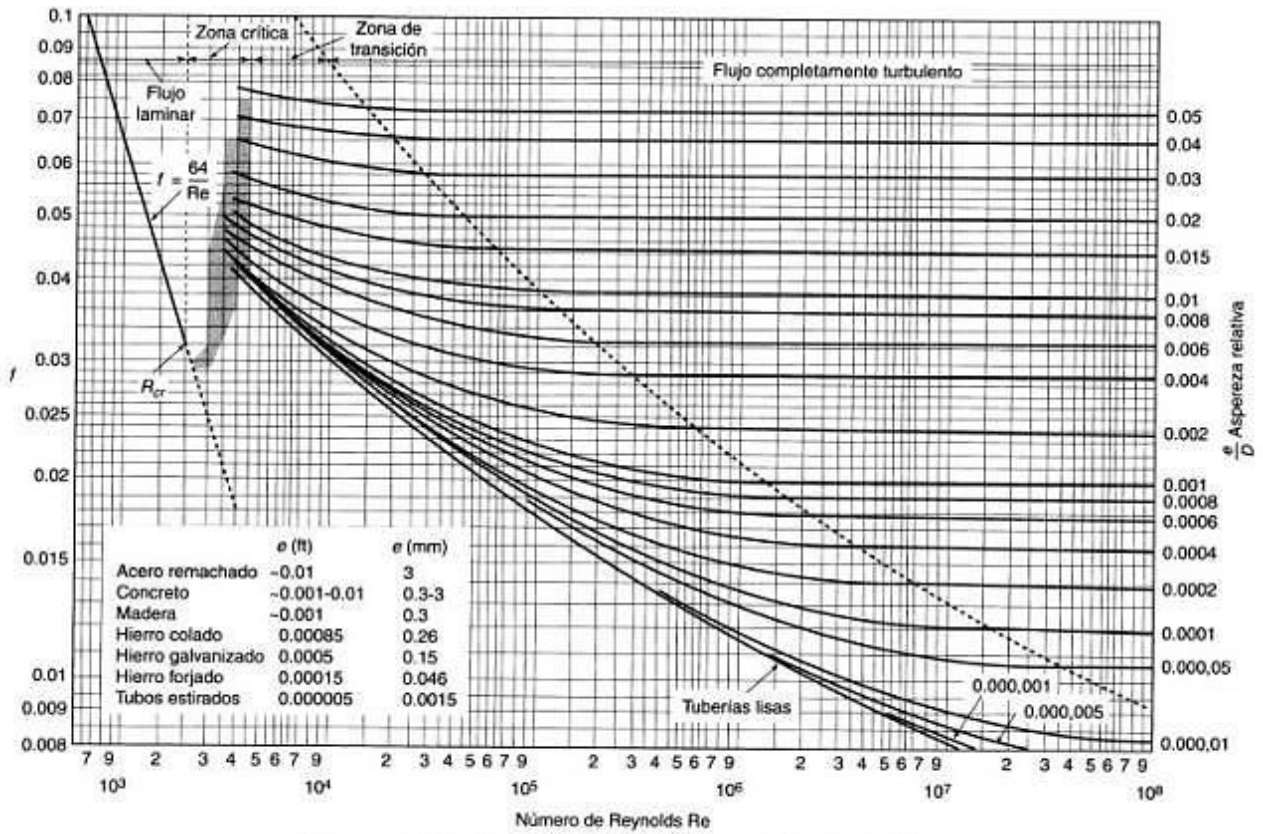
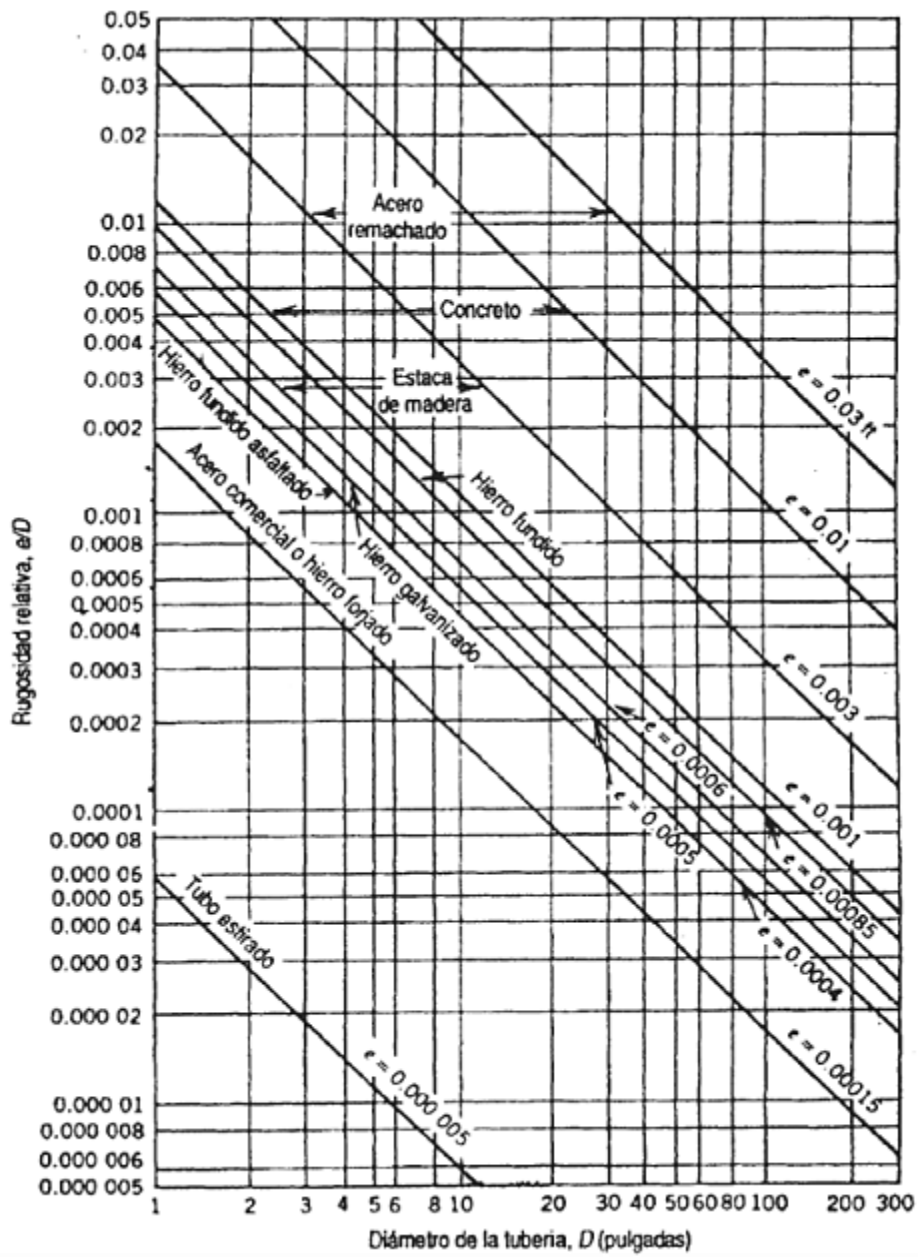


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

5.9. Anexo IX: Diagrama de rugosidad relativa de tuberías



5.10. Anexo X: Pérdidas por fricción en caños rectos de hierro

Pérdidas por fricción en caños rectos de hierro








Caudal (m ³ /h)	Pérdidas (en metros por cada 100 metros)							
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
1,14	7,7	2,4	0,6	0,3	0,1			
2,27	27,8	8,6	2,3	1,1	0,4			
3,40	58,6	18,5	4,8	2,2	0,8	0,3		
4,55	99,5	30,8	8,1	3,8	1,3	0,5		
5,68		46,9	12,1	5,7	2,0	0,7	0,3	
6,80		65,2	16,9	8,1	2,8	1,0	0,4	
7,95		87,0	23,9	10,8	3,8	1,3	0,5	
9,10		111,5	29,5	13,8	4,8	1,6	0,7	
10,2			35,0	17,0	6,0	2,0	0,8	
11,4	5"		44,0	20,8	7,3	2,5	1,0	0,2
13,6			62,3	29,0	10,2	3,4	1,4	0,3
15,9			82,8	38,2	13,6	4,5	1,9	0,4
17,0				44,0	15,4	5,1	2,1	0,5
18,2	0,2			49,8	17,4	5,8	2,4	0,6
20,4		6"		61,7	21,7	7,3	3,0	0,7
22,7	0,3			75,2	26,2	8,8	3,7	0,9
28,4	0,4		8"		30,3	13,1	5,4	1,3
34,1	0,5	0,2			55,4	18,3	8,0	1,8
39,8	0,8					24,3	10,1	2,5
42,0	0,9	0,3		10"		27,3	11,3	2,7
45,4	1,1	0,4	0,1			31,8	13,1	3,2
56,8	1,6	0,7					19,5	3,6
62,4	1,9	0,8	0,2				23,1	5,7
68,2	2,3	0,9			12"		27,7	6,8
79,4	3,1	1,2	0,3					8,9
85,0	3,4	1,4		0,1		14"		10,1
90,8	3,9	1,6	0,4					11,7
102	4,9	1,8	0,5					14,5
108	5,3	2,0						15,9
113	5,9	2,1	0,6	0,2	0,1		16"	17,6
170	12,6	4,9	1,3	0,4	0,2	0,1		
227	19,4	8,8	2,2	0,7	0,3			
250		10,3	2,6	0,9	0,4	0,2		
234		13,2	3,2	1,1	0,5		0,1	18"
341		18,8	4,6	1,6	0,6	0,3	0,2	
454			7,9	2,6	1,1	0,5	0,3	
568				3,9	1,6	0,8	0,4	0,2
683				5,6	2,2	1,1	0,6	0,3
796				7,3	3,0	1,4	0,8	0,4
910					3,9	1,9	1,0	0,6
1022					4,7	2,3	1,2	0,7
1137					5,8	2,7	1,5	0,9
1250					7,1	3,4	1,7	1,0
1363						3,9	2,0	1,2








Los valores de la tabla corresponden a agua limpia en cañería nueva de hierro. Para cañerías viejas de hierro, multiplicar los valores de tabla por 1,33. Para los distintos tipos de cañerías, dichos valores deben ser multiplicados por los factores detallados a continuación:

- Acero laminado nuevo : 0,8
- Acero arrugado : 1,25
- Fibrocemento : 1,25
- Aluminio : 0,7
- P.V.C. : 0,65
- Hidrobronz : 0,67

5.11. Anexo XI: Pérdidas por fricción en accesorios

(LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIAMETRO EN METROS)

Diámetro nominal de los caños normales		 Válvula esclusa totalmente abierta	 Válvula globo totalmente abierta	 Válvula ángulo totalmente abierta	 Válvula de retención	 Codo normal o Te de 6 mm de reducción	 Curva normal o Te normal	 Te normal
mm.	Pulg.							
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,48	0,30	1,00
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11,00	5,49	3,66	1,07	0,70	2,32
38	1 1/2	0,30	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,80	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,50	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,70	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,70	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,40	20,74	4,88	3,36	10,00
203	8	1,37	68,02	36,80	—	6,10	4,27	13,12
254	10	1,77	85,40	42,70	—	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,80	—	9,76	6,10	20,74
356	14	2,44	115,90	58,00	—	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,20	67,10	—	12,81	8,24	26,84

Diámetro nominal de los caños normales		 Te normal con salida lateral	 Codo 45°	 Codo 180°	 Ensanchamiento brusco	 Contracción brusca	 Entrada ordinaria	 Entrada de borda
mm.	Pulg.							
12	1/2	1,00	0,24	1,09	0,30	0,18	0,27	0,49
19	3/4	1,37	0,30	1,52	0,45	0,24	0,40	0,61
25	1	1,74	0,40	1,83	0,52	0,30	0,48	0,76
32	1 1/4	2,32	0,51	2,53	0,70	0,40	0,61	1,04
38	1 1/2	2,74	0,61	3,05	0,82	0,45	0,73	1,22
51	2	3,66	0,76	3,96	1,07	0,58	0,91	1,52
63	2 1/2	4,27	0,92	4,58	1,28	0,67	1,10	1,83
76	3	5,18	1,16	5,49	1,59	0,85	1,37	2,38
102	4	6,71	1,52	7,32	2,14	1,16	1,83	3,26
127	5	8,24	1,92	9,46	2,74	1,43	2,29	4,12
152	6	10,00	2,29	11,28	3,36	1,77	2,74	4,70
203	8	13,12	3,05	15,55	4,27	2,29	3,96	6,07
254	10	16,16	3,96	18,60	5,18	3,05	4,58	7,47
305	12	20,74	4,58	22,57	6,10	3,66	5,49	9,09
356	14	23,79	5,18	25,92	7,32	3,96	6,10	10,64
406	16	26,84	5,80	30,50	8,24	4,58	7,02	12,20

5.12. Anexo XII: Dimensiones de tuberías de acero

Tamaño Nominal del Tubo (NPS)		Diámetro Exterior (pulgada)	Tubos Cédula / Pipe Schedule																
NPS	DN	OD	SCH 5s	SCH 10s	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40s	SCH STD	SCH 40	SCH 60	SCH 80s	SCH XS	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	SCH XXS
1/8	6	0.405		1.240				0.068	0.068	0.068		0.095	0.095	0.095					
1/4	8	0.540		1.650				0.088	0.088	0.088		0.119	0.119	0.119					
3/8	10	0.675		1.650				0.091	0.091	0.091		0.126	0.126	0.126					
1/2	15	0.840	0.065	2.110				0.109	0.109	0.109		0.147	0.147	0.147				0.188	0.294
3/4	20	1.050	0.065	2.110				0.113	0.113	0.113		0.154	0.154	0.154				0.219	0.308
1	25	1.315	0.065	2.770				0.133	0.133	0.133		0.179	0.179	0.179				0.250	0.358
1 1/4	32	1.660	0.065	2.770				0.140	0.140	0.140		0.191	0.191	0.191				0.250	0.382
1 1/2	40	1.900	0.065	2.770				0.145	0.145	0.145		0.200	0.200	0.200				0.281	0.400
2	50	2.375	0.065	2.770				0.154	0.154	0.154		0.218	0.218	0.218				0.344	0.436
2 1/2	65	2.875	0.083	3.050				0.203	0.203	0.203		0.276	0.276	0.276				0.375	0.552
3	80	3.500	0.083	3.050				0.216	0.216	0.216		0.300	0.300	0.300				0.438	0.600
3 1/2	90	4.000	0.083	3.050				0.226	0.226	0.226		0.318	0.318	0.318					
4	100	4.500	0.083	3.050				0.237	0.237	0.237		0.337	0.337	0.337		0.438		0.531	0.674
5	125	5.563	0.109	3.400				0.258	0.258	0.258		0.375	0.375	0.375		0.500		0.625	0.750
6	150	6.625	0.109	3.400				0.280	0.280	0.280		0.432	0.432	0.432		0.562		0.719	0.864
8	200	8.625	0.109	3.760		0.250	0.277	0.322	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.500	0.594	0.719	0.812	0.906	0.875
10	250	10.750	0.134	4.190		0.250	0.307	0.365	0.365	0.365	0.500	0.500	0.500	0.594	0.719	0.844	1.000	1.125	1.000
12	300	12.750	0.156	4.570		0.250	0.330	0.375	0.375	0.406	0.562	0.500	0.500	0.688	0.844	1.000	1.125	1.312	1.000
14	350	14.000	0.156	4.780	0.250	0.312	0.375		0.375	0.438	0.594		0.500	0.750	0.938	1.094	1.250	1.406	
16	400	16.000	0.165	4.780	0.250	0.312	0.375		0.375	0.500	0.656		0.500	0.844	1.031	1.219	1.438	1.594	
18	450	18.000	0.165	4.780	0.250	0.312	0.438		0.375	0.562	0.750		0.500	0.938	1.156	1.375	1.562	1.781	
20	500	20.000	0.188	5.540	0.250	0.375	0.500		0.375	0.594	0.812		0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.969	
22		22.000	0.188	5.540	0.250	0.375	0.500		0.375		0.875		0.500	1.125	1.375	1.625	1.875	2.125	
24	600	24.000	0.218	6.350	0.250	0.375	0.562		0.375	0.688	0.969		0.500	1.219	1.531	1.812	2.062	2.344	
26		26.000			0.312	0.500	0.000		0.375				0.500						
28	700	28.000			0.312	0.500	0.625		0.375				0.500						
30		30.000	0.250	7.920	0.312	0.500	0.625		0.375				0.500						
32	800	32.000			0.312	0.500	0.625		0.375	0.688			0.500						
34		34.000			0.312	0.500	0.625		0.375	0.688			0.500						
36	900	36.000			0.312	0.500	0.625		0.375	0.750			0.500						
38		38.000							0.375				0.500						
40	1000	40.000						0.375											
42		42.000				0.500			0.375	0.750			0.500						
44	1100	44.000							0.375				0.500						
46		46.000							0.375				0.500						
48	1200	48.000							0.375			0.500							

5.13. Anexo XIII: Dimensiones del drenaje

Diámetro de la Tubería Vertical de Alimentación o Tubería Principal	Diámetro de la Conexión de Drenaje
Hasta 2"	3/4" o mayor
2 1/2"; 3"; 3 1/2"	1 1/4" o mayor
4" o mayor	2" únicamente

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm

5.14. Anexo XIV: Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero Sch 40

Accesorios y Válvulas (en pulgadas)	Accesorios y Válvulas expresados en Pies Equivalentes de Tubería														
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12
Codo a 45°		1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
Codo estándar a 90°	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
Codo Largo a 90°	0,5	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Té o Cruz (giro de flujo de 90°)	3	4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Válvula Mariposa		-	-	-	-	6	7	10	-	12	9	10	12	19	21
Válvula de Cortina		-	-	-	-	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
Válvula de Retención tipo charnela*		-	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm; 1 pie = 0,3048 m

*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas de retención, las longitudes de tubo equivalentes indicadas en el cuadro anterior deben ser consideradas como promedios.

5.15. Anexo XV: Área de protección y espaciamiento máximo para rociadores de gota grande

Tipo de Construcción	Área de Protección (pies²)	Espaciamiento Máximo (pies)
No combustible, sin obstrucciones	130	12
No combustible, con obstrucciones	130	12
Combustible, sin obstrucciones	130	12
Combustible, con obstrucciones	100	10

Para unidades SI: 1 pie² = 0,0929 m²; 1 pie = 0,3048 m.

5.16. Anexo XVI: Materiales y dimensiones de tuberías aptas para rociadores

Materiales y Dimensiones	Norma
Tuberías Ferrosas (Con y Sin Costura)	
Especif. para Tubos de Acero Negro y Tubos de Acero Galvanizado (Zincados en Caliente), Con y Sin Costura, para Uso en Protección contra Incendios	ASTM A 795
Especif. Para Tubos de Acero Con y Sin Costura	ANSI/ASTM A 53
Tubos de Acero Forjado	ANSI B36.10M
Especif. Para Tubos de Acero Soldados por Resistencia Eléctrica	ASTM A 135
Tubo de Cobre (Estirado, Sin Costura)	
Especif. Para Tubos de Cobre Sin Costura	ASTM B 75
Especif. Para Tubos de Cobre para Agua Sin Costura	ASTM B 88
Especif. de los Requisitos Generales para Tubos de Cobre Forjado Sin Costura y Tubos de Aleación de Cobre	ASTM B 251
Fundentes para Soldadura, a Utilizar en Soldaduras de Tubos de Cobre y Aleación de Cobre	ASTM B 813
Metal de Relleno para Soldadura (Clasificación BCuP-3 o BCuP-4)	AW A5.8
Metal para Soldar, 95-5 (Estaño-Antimonio Grado 95TA)	ASTM B 32
Aleaciones	ASTM B 446 ASTM B 467

5.17. Anexo XVII: Valores C de Hazen-Williams

Descripción de la tubería	Valor de C
Hierro fundido	
Nuevo	130
5 años	120
10 años	110
20 años	90-100
30 años	75-90
Concreto	120
Revestimiento de cemento	140
Acero soldado, igual que hierro fundido de 5 años	
Acero remachado, igual que hierro fundido de 10 años	
Plástico	150
Asbesto cemento	140

Fuente: Terence (1999, p.32).



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo XIII: Evaluación Económica

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Objetivo.....	617
2. Introducción	617
3. Determinación de los Costos de los Equipos.....	618
4. Determinación del Capital fijo de inversión	620
5. Determinación de los Costos de Fabricación.....	624
5.1. Materia Prima y Reactivos	625
5.2. Mano de obra operativa	625
5.3. Mantenimiento y Reparaciones	625
5.4. Servicios Generales	626
5.5. Gastos Generales	626
5.6. Gastos Administrativos	626
5.6.1. Mano de Obra	626
5.6.2. Costo de marketing y administración.....	627
5.7. Resumen del costo de fabricación	627
6. Determinación de la Inversión inicial requerida	627
7. Cálculo de la Depreciación	629
8. Cálculo de los ingresos por ventas	629
9. Cálculo de la rentabilidad de la empresa	630
10. Cálculo del valor actual neto y de la tasa interna de retorno.....	631
11. Conclusión de la evaluación económica.....	631
12. Bibliografía	632

Índice de Figuras

Figura N° 1: Factores en base al costo del equipo + envío para estimar el capital de inversión en plantas químicas.....	622
---	-----

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Costo de los equipos de proceso.	620
Tabla N° 2: Costos Directos e Indirectos.	623
Tabla N° 3: Costos de materia prima y reactivos.	625
Tabla N° 4: Costos de Mano de Obra Operativa.	625
Tabla N° 5: Costos de servicios generales	626
Tabla N° 6: Costo de personal administrativo.	626
Tabla N° 7: Resumen de los costos totales de fabricación.	627
Tabla N° 8: Cálculo del Capital Total de Inversión.	627
Tabla N° 9: Características del préstamo bancario.	627
Tabla N° 10: Esquema del pago del préstamo bancario.	628
Tabla N° 11: Cálculo de la depreciación.	629
Tabla N° 12: Facturación anual.	629
Tabla N° 13: Cálculo de la rentabilidad de la empresa.	630
Tabla N° 14: Flujos de fondos afectados por la tasa de interés.	631

1. Objetivo

Este capítulo busca realizar la evaluación económica del proyecto estudiado, para analizar la factibilidad económica del mismo. A partir del análisis de los indicadores VAN y TIR es que es posible determinar si el proyecto es o no factible económicamente.

2. Introducción

La evaluación económica del proyecto es útil para la determinación de la viabilidad o no de éste, en términos económicos. Constituye un balance de las ventajas y desventajas de asignar al proyecto analizado los recursos para su realización. Para llevar a cabo una evaluación económica de un proyecto de inversión, se deben estudiar los siguientes indicadores:

- **Liquidez:** Tiempo que se tarda en recuperar una inversión. Se reúnen los flujos de caja generados para ver en cuánto tiempo igualan a los absorbidos.
- **Rentabilidad:** El método que calcula el beneficio actual del proyecto es el del *valor actual neto* (VAN). Es decir, es el valor actual usando el descuento financiero de los flujos y es la diferencia entre el valor actual de los fondos generados menos el valor actual de los fondos absorbidos.
- **Riesgo económico:** Riesgo al cual queda expuesto todo proyecto de inversión. Se lo determina con un análisis de sensibilidad. El riesgo en la evaluación de un proyecto es la incertidumbre que se tiene sobre la TIR. Es necesario evaluar los diferentes escenarios de un proyecto para analizar si se va a cumplir esa tasa interna de retorno o no.

Suponemos que la planta tiene una vida de funcionamiento de 10 años, y una producción de 10.500 Tn/año de polímero biodegradable, que representa un 17% de las importaciones a sustituir.

Calcularemos la rentabilidad considerando que se vende el primer año, el 50% de la producción y que luego se va incrementando de a 5% por año, y el último año se vende la totalidad.

Para llevar a cabo la evaluación económica, se seguirá el siguiente orden:

- Determinación del costo de los equipos.
- Determinación del capital fijo de inversión
- Determinación de los costos de fabricación.
- Determinación de la inversión inicial requerida.
- Cálculo de la depreciación.
- Cálculo de los ingresos por ventas.
- Cálculo de la rentabilidad de la planta.
- Cálculo de VAN.
- Cálculo del TIR.

3. Determinación de los Costos de los Equipos

A partir del diseño y dimensionamiento de equipos, se listan los necesarios para llevar a cabo el proceso productivo con el costo en dólares estimado a partir de las características de volumen, presión y materiales de cada uno de los equipos.

El precio de los equipos fue determinado en su mayoría en la página web www.matche.com/equipcost el cual brinda un precio en dólares en función del equipo, el volumen y el material. Además, se le aplicó un 40% a aquellos equipos que se considera que no se podían fabricar en Argentina y un 10% a aquellos equipos que, si se pueden fabricar en el país, para considerar el precio del traslado de estos a la planta. Además, se utilizaron las páginas de www.alibaba.com y www.mercadolibre.com para aquellos equipos que no se encontraron en la página anterior.

Finalmente, para determinar el costo de los tanques de hormigón, a partir de la información de una empresa constructora de estos, nos brindaron la información de que el m³ de hormigón tiene un costo de 1333 dólares, considerando la instalación. Por lo que se estimó la superficie de los tanques y con un espesor de 0,20 m, se calculó el volumen de hormigón que se va a requerir y así al multiplicarlo por el precio por m³, se obtuvieron los precios de estos tanques.

Equipo		Costo [USD]
Almacenamiento	Silo de Almacenamiento	\$2.275,00
	Silo de Almacenamiento	\$2.275,00
	Tanque de NaOH	\$26.070,00
	Tanque H ₂ SO ₄	\$26.070,00
	Tanque Glicerina	\$43.340,00
	Tanque Etanol	\$21.010,00
	Tanque Celulosa	\$54.560,00
	Tanque de Agua contra Incendio	\$40.208,75
	Tanque de Efluentes	\$78.666,67
	Tanque de Reserva de Agua	\$91.733,33
	Total Almacenamiento [USD]	\$386.208,75
Equipo		Costo [USD]
Lignina	Molino Pulverizador	\$20.613,52
	Mezclador en Línea	\$420,00
	Reactor de Pre-Tratamiento	\$259.160,00
	Centrifuga de Discos	\$54.040,00
	Reactor de Deslignificación	\$375.650,00
	Tanque de Enfriamiento	\$88.330,00
	Centrifuga de Discos	\$35.980,00
	Evaporador de Etanol	\$115.280,00
	Evaporador de Etanol	\$65.340,00
	Condensador de Etanol	\$49.500,00
	Mezclador en Línea	\$840,00
	Centrifuga de Discos	\$33.040,00
	Transportador de Tornillos	\$11.060,00
	Total Lignina [USD]	\$1.109.253,52
Equipo		Costo [USD]
Almidón	Reactor de Modificación	\$91.630,00
	Centrífuga Decanter	\$1.000,00
	Secador de Rodillos	\$132.300,00
	Mezclador en Línea Dinámico	\$17.750,00
	Transportador de Tornillo	\$11.060,00
	Total Almidón [USD]	\$253.740,00

Equipo		Costo [USD]
Plástico	Extrusora	\$100.000,00
	Extrusora	\$100.000,00
	Pelletizadora	\$80.000,00
	Empacadora	\$60.000,00
	Total Plástico [USD]	\$340.000,00
Equipo		Costo [USD]
Servicios Auxiliares	Calderin Acuotubular Vaporex 600	\$19.300,00
	Evaporador E150	\$3.500,00
	Compresor Sullair ES 6 - 10 L	\$2.000,00
	Generador	\$12.400,00
	Modulo Efluentes	\$500.000,00
	Total Servicios Auxiliares [USD]	\$537.200,00
Total [USD]		\$2.626.402,26

Tabla N° 1: Costo de los equipos de proceso.

4. Determinación del Capital fijo de inversión

El capital fijo de inversión se subdivide en costo directo e indirecto.

El costo directo incluye todos los gastos que están relacionados con la instalación de la planta:

- Equipos: El costo de los equipos es la parte más importante de la estimación del capital fijo, porque suele representar entre el 15% y el 40% de éste. Además, un primer cálculo de los demás componentes del gasto directo se basa en el uso de porcentajes respecto del costo del equipo.
- Envío del equipo hasta la planta: La compra del equipo por lo general se hace “libre a bordo”, lo que significa que el comprador debe pagar el envío, cuyo costo depende del peso y tamaño del equipo, la distancia de traslado, y finalmente, el método de transporte (camión, barco, avión, etc).
- Instalación de los equipos: Incluye el costo de la mano de obra, soportes, plataformas, y otros factores relacionados con dejar el equipo listo para su operación.
- Instrumentación y controles: Depende del nivel de control requerido en la planta. Los instrumentos, su instalación y software, equipo auxiliar y materiales, involucran el mayor porcentaje de este gasto.
- Tuberías: Es el segundo gasto en importancia, ya que representa el 20% del capital fijo. Incluye la mano de obra, válvulas, tuberías, soportes, entre otros elementos.
- Sistemas eléctricos: Estarán integrados por el cableado, iluminación, paneles de control, motores, mano de obra, etc.

- Obras civiles: Involucra oficinas, talleres, laboratorios, almacenes, considerando la mano de obra, materiales, plomería, iluminación, calefacción, ventilación, etc. Decidimos elegir un factor más alto que el sugerido en concepto de obras civiles para obtener un costo más acorde a la magnitud de la planta.
- Mejoras del sitio: Está relacionado a los costos que generarán la puesta de cercas, caminos, banquetas, estacionamientos o jardines, entre otros.
- Servicios auxiliares: Son las instalaciones que proveen los servicios auxiliares de la planta, ya sea vapor, agua, energía, aire comprimido o combustible, cómo así las instalaciones de seguridad (sistema contra incendio), tratamiento de desechos, primeros auxilios, comedor y cafetería.
- Terreno: Costo relacionado a la adquisición del terreno.

Los costos indirectos, se refieren a los costos de los factores que no están directamente relacionados con la instalación de la planta:

- Ingeniería y supervisión: Se constituye en primer lugar, por el costo de diseño e ingeniería, como así también por el uso de software, planos, contabilidad, comunicación y viáticos, entre otros.
- Cuestiones legales: Son el resultado de la compra del terreno, del equipo, de los contratos para construir, y de los trámites gubernamentales, ambientales y de seguridad.
- Gastos de construcción: Involucran los gastos por la compra y renta de herramientas y maquinarias, mano de obra, impuestos, seguros, etc.
- Honorarios de los contratistas
- Contingencias: Tiene en cuenta que podrán ocurrir tormentas, inundaciones, accidentes de transporte, aumento súbito de precios, huelgas, cambios en diseño, errores de estimación y otros eventos inesperados que harán necesario tener un gasto para cubrir contingencias.

	Factor en base al costo del equipo + envío para plantas		
	Procesadoras de sólidos	Procesadoras de sólidos y fluidos	Procesadoras de fluidos
Costo Directo			
Equipo	0.91	0.91	0.91
Envío	0.091	0.091	0.091
Equipo + envío	1	1	1
Instalación del equipo	0.45	0.39	0.47
Instrumentación y controles	0.18	0.26	0.36
Tubería	0.16	0.31	0.68
Sistemas Eléctricos	0.1	0.1	0.11
Edificios	0.25	0.29	0.18
Mejoras del sitio	0.15	0.12	0.1
Servicios Auxiliares	0.4	0.55	0.7
Terreno	0.06	0.06	0.06
Costo Indirecto			
Ingeniería y supervisión	0.33	0.32	0.33
Gastos de construcción	0.39	0.34	0.41
Cuestiones legales	0.04	0.04	0.04
Honorarios de contratistas	0.17	0.19	0.22
Contingencias	0.35	0.37	0.44

Figura N° 1: Factores en base al costo del equipo más envío para estimar el capital de inversión en plantas químicas.

Definimos el tipo de planta como “Procesadora de sólidos y fluidos”, ya que operaremos tanto líquidos, vapores y polvos, para obtener un sólido.

Procedemos a calcular el capital fijo de inversión, teniendo en cuenta los factores detallados en la planta anteriormente, respecto al tipo de planta.

Costo directo	Factor
Equipo entregado	1
Instalación de los equipos adquiridos	0,39
Instrumentación y controles	0,26
Cañerías y tuberías	0,31
Sistemas eléctricos	0,1
Obras civiles	0,29
Mejoras del sitio	0,12
Servicios auxiliares	0,55
Costo indirecto	Factor
Ingeniería y supervisión	0,32
Cuestiones legales	0,04
Gastos de construcción	0,34
Honorarios de los contratistas	0,19
Contingencias	0,37
Total	4,28

Tabla N° 2: Costos Directos e Indirectos.

Es decir, para la determinación del capital fijo de inversión, tendremos que multiplicar el costo del equipo entregado por 4,28 y adicionarle el costo del terreno.

En la provincia de Santa Fe, en el Parque Industrial Litoral Centro, el precio del terreno se relaciona a las ganancias que se generan en el proyecto. Por lo que no tiene un costo inicial el terreno, sino que se calcula como el 5% de las ganancias y se debe invertir en el mismo parque en los institutos del CONICET que están presentes en él. Por lo tanto, el capital fijo de inversión, no lo va a tener en cuenta en este caso.

Finalmente, obtenemos el capital fijo de inversión:

$$\text{Capital Fijo de Inversión} = 4,28 \times \$\$2.626.402,26 = \text{U\$\$ } 11.241.001,68$$

5. Determinación de los Costos de Fabricación

Los costos de fabricación representan los gastos de la planta cuando la misma se encuentra operando. Varían de acuerdo al nivel de producción.

Dichos gastos comprenden:

- Materias primas y reactivos: Hace referencia a los materiales que se consumen de manera directa para alcanzar el producto final deseado.
- Mano de obra operativa: Es el costo generado por la mano de obra vinculada a la producción.
- Mantenimiento y reparaciones: Costo derivado de las revisiones anuales, la sustitución de piezas o reparaciones por posibles problemas. Representa un 5% del capital fijo de inversión.
- Servicios generales: Son los requerimientos de vapor, electricidad, aire comprimido, agua de enfriamiento, gas natural, gasolina, refrigeración y tratamiento de desechos. Su costo dependerá de la cantidad a utilizar, es decir, el consumo; la localización de la planta y la fuente de servicio.
- Gastos generales: Incluye los gastos relacionados a iluminación, suministros, envasados, aseguradoras, gastos de laboratorio para el control de la calidad, derechos y patentes por utilizar procesos y productos patentados, catalizadores, expedición para el transporte y la venta del producto.

Se calcula como el 50% del costo de mano de obra operativas, más el 1% del capital fijo.

- Gastos administrativos
 - Mano de obra: Relacionado a la cantidad de mano de obra requerida, la complejidad para operar la planta y los estándares de calidad necesarios.
 - Gastos de marketing/administración: Comprende los suministros y equipos de oficina, de comunicaciones, y los gastos por el proceso de venta y distribución del producto. Representa el 20% de la mano de obra.

La suma de todos los gastos mencionados anteriormente, dan por resultado el costo de fabricación.

5.1. Materia Prima y Reactivos

Materia Prima	Precio [USD/Tn]	Toneladas anuales [Tn]	Costo [USD/año]
Almidón de Maíz	\$360,20	4.761,90	\$1.715.236,38
Tripolifosfato de Sodio	\$850,00	113,61	\$96.564,93
Sulfato de Sodio	\$100,00	113,61	\$11.360,58
Hidróxido de Sodio (50%)	\$370,00	320,51	\$118.589,63
Glicerina	\$183,20	2.623,50	\$480.625,20
Cáscara de Arroz	\$16,00	9.250,00	\$148.000,00
Etanol	\$850,00	1.270,32	\$1.079.770,16
Ácido Sulfúrico	\$250,00	392,70	\$98.175,00
Total Materia Prima [USD]	\$3.748.321,88		

Tabla N° 3: Costos de materia prima y reactivos.

5.2. Mano de obra operativa

Se considera un sueldo bruto estimado a partir de la Federación de Sindicatos Químicos y Petroquímicos R.A. Luego, se calculan las cargas sociales que debe pagar el empleador como el 24% del sueldo y finalmente se calcula el costo anual al multiplicar el sueldo y las cargas por 13 (considerando el aguinaldo) y la cantidad de personal en el cargo.

Cargo	Cantidad	Sueldo Bruto [\$]	Cargas Sociales [\$]	Costo Anual [USD]
Operarios	53	\$28.000,00	\$6.720,00	\$531.601,78
Supervisores	5	\$38.000,00	\$9.120,00	\$68.062,22
Total (U\$S)	599.644,00			

Tabla N° 4: Costos de Mano de Obra Operativa.

5.3. Mantenimiento y Reparaciones

Representa un 5% del capital fijo de inversión:

$$\text{Costo de Mantenimiento y Reparaciones} = \text{U\$S } 11.241.001,68 \times 0,05 = \text{U\$S } 562.050,08$$

5.4. Servicios Generales

En este caso se consideran los gastos de electricidad, gas natural y agua de proceso, los precios fueron buscados en la página de la empresa provincial de energía de santa fe, la página del gas del litoral y de aguas santafesinas.

Servicio	Precio Unitario	Consumo Anual	Costo Anual [USD]
Electricidad [USD/kW/h]	0,13	144.540,00	\$19.400,48
Gas Natural [USD/m ³]	0.29	45.540,00	\$13.156,00
Agua de Proceso [USD/m ³]	0.22	24.750,00	\$5.417,50
Total (U\$S)			\$37.973,98

Tabla N° 5: Costos de servicios generales

5.5. Gastos Generales

Se calcula como el 50% del costo de mano de obra operativas, más el 1% del capital fijo de inversión:

$$\begin{aligned} \text{Costo de Gastos Generales} &= 0,50 \times \text{U\$S } 599.644,00 + 0,01 \times \text{U\$S } 11.241.001,68 \\ &= \text{U\$S } 412.232,01 \end{aligned}$$

5.6. Gastos Administrativos

5.6.1. Mano de Obra

Se considera un sueldo bruto estimado a partir de la Federación de Sindicatos Químicos y Petroquímicos R.A. Luego, se calculan las cargas sociales que debe pagar el empleador como el 24% del sueldo y finalmente se calcula el costo anual al multiplicar el sueldo y las cargas por 13 (considerando el aguinaldo) y la cantidad de personal en el cargo.

Cargo	Cantidad	Sueldo bruto [\$]	Cargas Sociales [\$]	Costo Anual [USD]
Administrativos	8	\$32.000,00	\$9.600,00	\$96.142,00
Jefes	7	\$60.000,00	\$14.400,00	\$150.453,33
Gerentes	7	\$100.000,00	\$24.000,00	\$250.755,56
Total (USD)				\$497.351,11

Tabla N° 6: Costo de personal administrativo.

5.6.2. Costo de marketing y administración

Además, se le debe sumar los costos de marketing y administración, que representan un 20% de la mano de obra administrativa.

$$\frac{\text{Costo de marketing}}{\text{administración}} = 0,20 \times \text{U\$S } 497.351,11 = \text{U\$S } 99.470,22$$

Por lo tanto, el costo total de los gastos administrativos es de 596.821,33 U\$S

5.7. Resumen del costo de fabricación

Costo de Materia Prima	\$ 3.748.321,88	USD	Costo Variable
Costo de Mano de Obra Operativa	\$599.664,00	USD	Costo Fijo
Costo de Mantenimiento y Reparaciones	\$ 562.050,08	USD	Costo Fijo
Costo de Servicios Generales	\$37.973,98	USD	Costo Variable
Costo de Gastos Generales	\$ 412.232,01	USD	Costo Fijo
Costo de Gastos Administrativos	\$596.821,33	USD	Costo Fijo
Total Costo de Fabricación (U\$D)	\$5.957.063,28		

Tabla N° 7: Resumen de los costos totales de fabricación.

6. Determinación de la Inversión inicial requerida

Para hacer este cálculo se considera el capital fijo de inversión necesario y los costos de fabricación.

Capital Fijo de Inversión	\$11.241.001,68	USD
Costos de Fabricación	\$5.957.063,28	USD
Capital Total de Inversión	\$17.198.064,96	USD

Tabla N° 8: Cálculo del Capital Total de Inversión.

Por lo tanto, para obtener este capital va a ser necesario un préstamo bancario. El sistema elegido para el mismo es el sistema francés, el cual tiene cuotas constantes, pero se va disminuyendo la cantidad que se paga de interés.

Se elige una forma de pago anual, con una tasa de interés del 5% y un total de 10 cuotas.

Monto del crédito	\$17.198.064,96	USD
Forma de Pago	Anual	
Número de Cuotas	10	
Tasa de Interés	5	%

Tabla N° 9: Características del préstamo bancario.

Para realizar el cálculo de las cuotas del préstamo bancario, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = V \frac{(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1}$$

- **C** = cuota a pagar
- **V** = cantidad del préstamo hipotecario
- **i** = tipo de interés del período
- **n** = número de cuotas

Luego, dentro de la cuota va a estar la reducción del capital y el interés que es un 5% del saldo pendiente del préstamo.

Por lo tanto, el precio de las cuotas va a ser el siguiente.

Años	Intereses (USD)	Reducción del Capital (USD)	Cuota (USD)	Saldo Pendiente (USD)
2021				17.198.064,96
2022	859.903,25	1.367.324,84	2.227.228,09	15.830.740,12
2023	791.537,01	1.435.691,09	2.227.228,09	14.395.049,03
2024	719.752,45	1.507.475,64	2.227.228,09	12.887.573,39
2025	644.378,67	1.582.849,42	2.227.228,09	11.304.723,96
2026	565.236,20	1.661.991,89	2.227.228,09	9.642.732,07
2027	482.136,60	1.745.091,49	2.227.228,09	7.897.640,58
2028	394.882,03	1.832.346,06	2.227.228,09	6.065.294,51
2029	303.264,73	1.923.963,37	2.227.228,09	4.141.331,15
2030	207.066,56	2.020.161,54	2.227.228,09	2.121.169,61
2031	106.058,48	2.121.169,61	2.227.228,09	0,00

Tabla N° 10: Esquema del pago del préstamo bancario.

7. Cálculo de la Depreciación

Una de las consideraciones es la depreciación que sufren los equipos del proceso y la obra civil. La cual se calcula considerando el precio total de los equipos dividido 10 años y el precio de la obra civil dividida 20 años.

	Vida útil promedio (Años)	Monto de Inversión (USD)	Valor (USD)
Equipos de Proceso	10	2.626.402,26	262.640,23
Obra Civil	20	761.656,66	38.082,83
Total anual (USD)			\$ 300.723,06

Tabla N° 11: Cálculo de la depreciación.

8. Cálculo de los ingresos por ventas

El precio elegido para el termoplástico biodegradable a vender es de 2.500 USD/Tn el cual surgió del análisis desarrollado en el estudio de mercado. Además, las toneladas a producir (10.500) representan el 17% del mercado, pero se considera que la venta es del 50% en el primer año y luego se va incrementando hasta alcanzar la venta total de la capacidad instalada.

Año	Precio (USD/Tn)	Producción (Tn/año)	Facturación Anual (USD)
2022	2.500,00	5250	13.125.000,00
2023	2.500,00	5775	14.437.500,00
2024	2.500,00	6300	15.750.000,00
2025	2.500,00	6825	17.062.500,00
2026	2.500,00	7350	18.375.000,00
2027	2.500,00	7875	19.687.500,00
2028	2.500,00	8400	21.000.000,00
2029	2.500,00	8925	22.312.500,00
2030	2.500,00	9450	23.625.000,00
2031	2.500,00	10500	26.250.000,00

Tabla N° 12: Facturación anual.

9. Cálculo de la rentabilidad de la empresa

Producción Vendita		50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	100%
Año		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Ingreso por ventas	(USD)	13.125.000	14.437.500	15.750.000	17.062.500	18.375.000	19.687.500	21.000.000	22.312.500	23.625.000	26.250.000
Costo Variable	(USD)	3.772.056	3.866.357	3.963.016	4.062.091	4.163.644	4.267.735	4.374.428	4.483.789	4.595.883	4.710.781
Costo Fijo	(USD)	1.609.658	1.649.900	1.691.147	1.733.426	1.776.762	1.821.181	1.866.710	1.913.378	1.961.213	2.010.243
Gasto Financiero (Impuestos del Préstamo)	(USD)	859.903	791.537	719.752	644.379	565.236	482.137	394.882	303.265	207.067	106.058
Depreciación	(USD)	300.723	300.723	300.723	300.723	300.723	300.723	300.723	300.723	300.723	300.723
Utilidad Operativa	(USD)	6.582.660	7.828.983	9.075.361	10.321.881	11.568.635	12.815.725	14.063.257	15.311.345	16.560.114	19.122.195
Impuesto a las Ganancias	(USD)	1.645.665	1.957.246	2.268.840	2.580.470	2.892.159	3.203.931	3.515.814	3.827.836	4.140.029	4.780.549
Costo de la concesión del terreno	(USD)	329.133	391.449	453.768	516.094	578.432	640.786	703.163	765.567	828.006	956.110
Resultado Neto	(USD)	4.607.862	5.480.288	6.352.753	7.225.317	8.098.045	8.971.007	9.844.280	10.717.942	11.592.080	14.341.646
Cuota del Préstamo	(USD)	1.367.325	1.435.691	1.507.476	1.582.849	1.661.992	1.745.091	1.832.346	1.923.963	2.020.162	2.121.170
Flujo de Fondos	(USD)	3.240.537	4.044.597	4.845.277	5.642.467	6.436.053	7.225.916	8.011.934	8.793.978	9.571.919	12.220.477

Tabla N° 13: Cálculo de la rentabilidad de la empresa.

10. Cálculo del valor actual neto y de la tasa interna de retorno

El cálculo del valor actual neto se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

- V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .
- I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- k es la tasa de interés.
- n es el número de periodos considerado.

Año	2022	2023	2024	2025	2026
Flujo / $(1+k)^t$	3.086.226	4.034.511	4.844.672	5.642.432	6.436.051
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Flujo / $(1+k)^t$	7.225.916	8.011.934	8.793.978	9.571.919	12.220.477

Tabla N° 14: Flujos de fondos afectados por la tasa de interés.

Por lo que, el valor del VAN es el siguiente:

$$VAN = \text{U\$S } 52.670.048,75$$

Luego, para calcular la tasa interna de retorno, se busca la tasa de interés que haga que la fórmula del VAN de cero. Por lo tanto, utilizando el solver en Excel. Encontramos que el valor del TIR es el siguiente:

$$TIR = 29\%$$

11. Conclusión de la evaluación económica

A partir de la evaluación económica realizada, se obtuvieron indicadores positivos de valor actual neto (VAN) y de una tasa interna de retorno (TIR) mayor a la tasa de interés. Por lo tanto, se concluye que el proyecto es factible económicamente.

Necesitándose un aporte de U\$S 17.198.064,96 de inversión inicial a partir de un préstamo bancario que se va a pagar en 10 años con un interés del 5% por el sistema francés.

Siendo la hipótesis de venta del 50% de la capacidad instalada en el primer año, y luego incrementándose un 5% anualmente hasta llegar al 100% en el año final del pago del crédito.

12. Bibliografía

- Peters M., Timmerhaus K.D.; “Diseño de Plantas y su Evaluación Económica para Ingenieros Químicos”; Editorial Géminis S.R.L.; 1978.
- Seider W.D., Seader J.D. y Lewin D.R.; “Product & Process Design Principles”; 2da Edición; John Wiley and Sons, Inc.; 2004.
- Jiménez Gutiérrez A.; “Diseño de Procesos en Ingeniería Química”; Editorial Reverté; 2003.
- Matche. Precios de equipos. Recuperado de: www.matche.com
- Alibaba Group. Precios de equipos. Recuperado de: www.alibaba.com
- Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe. Costo de la energía en Santa Fe. Recuperado de: www.epe.santafe.gov.ar
- Litoral Gas. Costo del gas en Santa Fe. Recuperado de: www.litoral-gas.com.ar
- Aguas Santafecinas S.A. Costo del agua en Santa Fe. Recuperado de: www.aguassantafesinas.com.ar



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

**“Producción de Polímero Biodegradable a
partir de Almidón Modificado, Glicerina y
Lignina”**

Capítulo XIV: Conclusiones

Aiello Gabriela

Beraldi Agustina

Filipic Marina

Sotelo Lucas

Cátedra de Integración V - Proyecto Final

Profesor Titular: Ing. Alberto Florio

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Pablo Lorenzo

Ayudante: Ing. Damián Esquivel

Índice

1. Conclusiones	635
-----------------------	-----

1. Conclusiones

A partir del análisis presentado, se concluye que el proyecto tiene factibilidad técnica, ambiental y económica por lo cual es posible su realización.

Desde el punto de vista técnico, se logra realizar un producto que cumple con las especificaciones del mercado y sirve para los procesos de extrusión convencionales. Esto se logró a partir de la modificación química que sufre el almidón por entrecruzamiento con tripolifosfato de sodio y la incorporación de lignina como aditivo en la matriz polimérica, mejorando así las propiedades mecánicas del polímero a producir. Por lo que, la utilización de este por empresas de la industria plástica es posible.

Por otro lado, desde el punto de vista ambiental, el proyecto presenta una matriz de impacto con la mayoría de estos positivos y con la posibilidad de prevenir y/o mitigar los negativos. Además, el producto tiene la característica de ser biodegradable y reemplazar a los polímeros convencionales. Estas propiedades hacen sustentable al proyecto y lo valorizan como un producto que es compatible con el ambiente.

Por último, económicamente el proyecto presenta un escenario favorable. Con una producción de 10.500 toneladas anuales para cubrir el 17% de la importación de polietileno de baja densidad y con un precio de \$2.500 USD por tonelada de polímero, se logra factibilidad económica. El análisis se realiza en 10 años de funcionamiento de la planta, asumiendo una venta del 50% de la producción anual el primer año, con un incremento del 5% anual por 9 años y finalmente un 10% el último. Logrando así el retorno de la inversión en el quinto año. Un valor de valor actual neto (VAN) de \$ 52.670.048,75 USD y una tasa interna de retorno (TIR) de 29%.

Por lo tanto, el proyecto presenta factibilidad técnica, ambiental y económica para ser realizado.