

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Paraná



PROYECTO FINAL

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA:

“PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

PATOLÓGICOS EN PARANÁ”

Profesores:

- Ing. Gustavo Ruhl
- Ing. Nicolás Maximino

Director:

- Ing. José María Flores

Codirector:

- Ing. Gastón Schvindt

Alumnos:

- Andriolo Giuliano
- Gabrovich Peter Emiliano

Año 2023

Agradecimientos

Queremos agradecer a todos aquellos que, de forma incondicional, han colaborado con la realización de este proyecto.

En primer lugar, a los ingenieros José María Flores y Gastón Schvindt por su orientación y experiencia en la parte técnica de este proyecto. Además, a los ingenieros Gustavo Ruhl y Nicolás Maximino por su seguimiento y supervisión a lo largo de estos meses de desarrollo. También, a todos aquellos de profesores de nuestra institución por su apoyo en los aspectos técnicos pertinentes.

En segundo lugar, a todo personal de los distintos entes públicos que nos han mostrado y brindado información fundamental para comprender el sector al que nos dirigimos. En especial, a la ingeniera Mayra Collante de la Universidad Tecnológica Nacional, al ingeniero Shai Bejar de la Subsecretaría de Ambiente y Acción Climática de la municipalidad de Paraná, a la magister licenciada Valeria Gonzales Wétzel y a todo el equipo de la Secretaría de Ambiente de la provincia de Entre Ríos, al ingeniero Marcos Formica del Hospital de la Baxada y a la señora Soledad Altamirano del Hospital Materno Infantil San Roque.

Por último, un enorme agradecimiento a nuestras familias, amigos y compañeros de facultad, quienes nos han apoyado desde el comienzo de nuestra carrera y han sido el sostén y motivación para lograr este proyecto.

Resumen

El siguiente proyecto final tiene como objetivo lograr el desarrollo de una planta modelo que realice el tratamiento de los residuos patológicos generados en la ciudad de Paraná y alrededores, contemplando todas las etapas por las que pasa un residuo patológico, desde su generación hasta su disposición final.

Se busca mejorar la oferta de operadores que se dispone hoy en día, asegurando un adecuado manejo y tratamiento de los residuos, así como la seguridad e higiene del personal, la población general y el cuidado del medio ambiente.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se realiza el estudio de la situación actual como del marco regulatorio de este sector, tanto nacional como provincial y municipal. Se realizan la disposición de los equipos y el flujo de trabajo, así como todos los cálculos técnicos para seleccionar, dimensionar y operar la planta, incluido el diseño de los servicios que la alimentan. Finalmente se concluye con el análisis económico y financiero y el estudio de impacto ambiental.

Palabras claves: residuo, patológico, tratamiento, planta, Paraná.

Índice de contenidos

Agradecimientos	1
Resumen	2
Índice de contenidos	3
Índice de imágenes	8
Índice de tablas	15
1 ANTEPROYECTO	22
1.1 Definiciones	23
1.2 Destinatarios del proyecto.....	30
1.3 Necesidades.....	30
1.4 Objetivo.....	33
1.5 Marco Legal	33
1.6 Descripción del Proceso.....	34
1.6.1 Generación	35
1.6.2 Segregación.....	37
1.6.3 Almacenamiento	39
1.6.4 Transporte y Egreso	42
1.6.5 Tratamiento y disposición final	44
1.7 Descripción de la situación actual.....	46
1.7.1 Hospital de la Baxada	46
1.7.2 Hospital Materno Infantil San Roque	48

1.8	Antecedentes	51
1.9	Estudio de las alternativas	51
1.9.1	Transporte	52
1.9.2	Operación / Tratamiento	62
1.9.3	Disposición Final	67
1.10	Propuesta	73
1.10.1	Alcance del proyecto	74
1.10.2	Ubicación de la planta.....	74
1.10.3	Equipos	77
1.10.4	Manejo de los residuos	78
1.11	Instalaciones y Layout.....	85
1.11.1	Paso 1: Análisis producto-cantidad.....	85
1.11.2	Paso 2: Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción) 85	
1.11.3	Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades	85
1.11.4	Paso 4: Desarrollo del diagrama de relaciones de las actividades	87
1.11.5	Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.....	88
1.11.6	Paso 6: Desarrollo del diagrama relacional de espacios	89
1.11.7	Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.....	90
2	INGENIERÍA DE DETALLE.....	93
2.1	Estimación del volumen de tratamiento	94

2.2	Estimación de la densidad de residuos.....	97
2.3	Dimensionamiento de equipos de tratamiento	99
2.3.1	Autoclave	101
2.3.2	Horno Pirolítico	103
2.4	Lavadora de contenedores.....	104
2.5	Compactadora - Enfardadora de residuos	108
2.5.1	Manipulación de fardos para paletizado	110
2.6	Cámara frigorífica	119
2.6.1	Estudio de casos de uso de la Cámara Frigorífica	119
2.6.2	Dimensionamiento Tamaño Cámara Frigorífica	121
2.6.3	Dimensionamiento Frigorífico de la Cámara.....	124
2.6.4	Dimensionamiento del equipo frigorífico.....	139
2.6.5	Automatización y control.....	150
2.6.6	Instalación en planta	150
2.7	Ventilación de la Planta de tratamiento	152
2.7.1	Campana de extracción localizada.....	152
2.7.2	Accesorios.....	157
2.7.3	Ventilador	158
2.7.4	Cálculo de extractores.....	161
2.8	Tratamiento de efluentes	166
2.8.1	Determinación del volumen de efluentes.....	166
2.8.2	Planta de tratamiento de efluentes	167

2.9	Instalación de agua potable	170
2.9.1	Dimensionamiento de Tanques y Cisternas	170
2.9.2	Cálculo de los diámetros de tubería	174
2.9.3	Cálculo de bombas	186
2.9.4	Comando de Bombas	199
2.10	Instalación de aire comprimido	204
2.10.1	Equipo Compresor	206
2.10.2	Diámetros de tubería	211
2.11	Instalación de vapor	217
2.11.1	Selección del generador de vapor	218
2.11.2	Diseño de la instalación de vapor	221
2.12	Instalación Eléctrica	247
2.12.1	Distribución de la Instalación Eléctrica	247
2.12.2	Consumos y Potencias de las Cargas	249
2.12.3	Dimensionamiento de grupo generador de emergencia.....	257
2.12.4	Cálculo de Corrección del Factor de Potencia.....	258
2.12.5	Cálculo de Sección de Conductores.....	263
2.12.6	Cálculo de Corriente de Cortocircuito	272
2.12.7	Verificación de los conductores a cortocircuito	295
2.12.8	Puesta a Tierra	298
2.12.9	Tableros Eléctricos y Equipos de Protección. Selectividad.....	306
2.13	Análisis económico financiero	343

2.13.1	Inversión inicial	343
2.13.2	Costos operativos.....	348
2.13.3	Ingresos	353
2.13.4	Total de inversión	354
2.13.5	Flujo de caja.....	354
2.14	Estudio de impacto ambiental	360
2.14.1	Área de localización del proyecto.....	363
2.14.2	Etapas del proyecto.....	363
2.14.3	Evaluación de impacto ambiental.....	369
2.14.4	Medidas de Mitigación	391
3	BIBLIOGRAFÍA	394
4	ANEXOS.....	400
4.1	Anexo A – Tablas.....	401
4.1.1	Cómputo de materiales – Costos	401
4.2	Anexo B - Planimetría.....	408

Índice de imágenes

Imagen 1 Cadena epidemiológica	31
Imagen 2 Logotipo Riesgo Biológico	39
Imagen 3 Descartador de cortopunzantes típico	41
Imagen 4 Contenedores de Almacenamiento Intermedio típicos	42
Imagen 5 Camión de Transporte de RR.PP. típico	44
Imagen 6 Contenedor para residuos patogénicos Moldumet 180 Litros.....	54
Imagen 7 Utilitario pequeño típico	56
Imagen 8 Dimensiones Caja Utilitario Pequeño	56
Imagen 9 Camioneta con caja especial típica	57
Imagen 10 Dimensiones Caja Pick Up con Carrocería.....	57
Imagen 11 Vehículo Comercial Ligero tipo Furgón.....	58
Imagen 12 Dimensiones Caja VCL Furgón.....	59
Imagen 13 Vehículo Comercial Ligero con Caja especial.....	60
Imagen 14 Dimensiones Caja VCL Carrocería.....	60
Imagen 15 Camión ligero con caja especial.....	61
Imagen 16 Dimensiones Caja Camión Ligero	61
Imagen 17 Impermeabilización de Celda de Seguridad - Proyecto La Pampa.....	68
Imagen 18 Mapa de distritos de la ciudad de Paraná.....	75
Imagen 19 Referencias planilla de usos	76
Imagen 20 Planilla de usos.....	76
Imagen 21 EUE Norte y EUE Sur.....	77
Imagen 22 Diagrama de flujo del manejo de RR.PP.	79
Imagen 23 Contenedor plástico de 180 Lts.....	80

Imagen 24 Carros de carga.....	81
Imagen 25 Volcadora de carros.....	82
Imagen 26 Compactadora - Enfardadora Abecom.....	83
Imagen 27 Diagrama de relaciones de actividades	88
Imagen 28 Diagrama relacional de espacios	89
Imagen 29 Layout área de tratamiento.....	92
Imagen 30 Layout planta alta.....	92
Imagen 31 Zona de Influencia.....	96
Imagen 32 Autoclave SAU-480 INCOL S.A.....	102
Imagen 33 Lavadora de contenedores SIMES S.A.....	105
Imagen 34 Compactadora de residuos ABECOM EHA-RSU 6060.....	109
Imagen 35 Pinza para bloques AARDWOLF modelo Versa AVBC-1100	111
Imagen 36 Características IPN 140.....	114
Imagen 37 Gráficas y resultados de cálculo de viga: caso 1	116
Imagen 38 Gráficas y resultados de cálculo de viga: caso 2.....	117
Imagen 39 Sistema de manipulación de fardos.....	118
Imagen 40 Coeficiente global de transferencia de calor	129
Imagen 41 Gráfica de temperatura evaporación	142
Imagen 42 Gráfica factor FC.....	142
Imagen 43 Gráfica Refrigerante R404A Danfoss	146
Imagen 44 Gráfica Válvula de expansión Danfoss modelo ETS 6-25.....	149
Imagen 45 Modelo Cámara Frigorífica.....	149
Imagen 46 Disposición de campana de extracción	153
Imagen 47 Valores Captación por campana Scoda.....	154
Imagen 48 Diámetros equivalentes de conductos ventilación	155

Imagen 49 Presión dinámica de conductos	156
Imagen 50 Pérdidas en campanas	157
Imagen 51 Características del ventilador	158
Imagen 52 Dimensiones del ventilador	159
Imagen 53 Curva del ventilador	159
Imagen 54 Ventilador colocado	160
Imagen 55 Conjunto de extracción de aire localizado	161
Imagen 56 Galpón planta de tratamiento	162
Imagen 57 Extractor 30"	164
Imagen 58 Techo del galpón con extractores.....	165
Imagen 59 Esquema planta de tratamiento Control Analítico S.R.L.....	168
Imagen 60 Disposición Planta de efluentes	169
Imagen 61 Distribución de agua	170
Imagen 62 Cisterna Rotoplas 15000 litros	173
Imagen 63 Tanque de reserva 15.000 Litros	173
Imagen 64 Tanque de agua tratada 2.000 Litros	174
Imagen 65 Disposición de tanques.....	178
Imagen 66 Disposición de consumos de agua	178
Imagen 67 Vista salida de tanque de reserva y alimentación de caldera	179
Imagen 68 Tramo Cisterna a Tanque principal.....	186
Imagen 69 Diagrama de Moody.....	189
Imagen 70 Diferencia de altura estática Tanque de reserva - Cisterna	190
Imagen 71 Nomograma de perdidas por accesorios – Mataix	191
Imagen 72 Motor Czerweny Zeta	192
Imagen 73 Curva característica bomba	193

Imagen 74 Diagrama de Moody.....	195
Imagen 75 Bomba alimentación Caldera	196
Imagen 76 Longitud equivalente accesorios instalación de agua	197
Imagen 77 Bomba Czerweny multietapas modelo BL 2-11	198
Imagen 78 Curva de potencia Bomba BL 2-11.....	198
Imagen 79 Boya	200
Imagen 80 Actuación boyas en tanques (1)	201
Imagen 81 Actuación boyas en tanques (2)	201
Imagen 82 Actuación boyas en tanques (3)	202
Imagen 83 Esquema eléctrico comando de bombas	203
Imagen 84 Nomograma longitudes equivalentes	212
Imagen 85 Nomograma Diámetro de tubería por caída de presión	214
Imagen 86 Características Tubos Parker modelo Transair	215
Imagen 87 Vista superior instalación aire comprimido	216
Imagen 88 Dimensiones instalación aire comprimido	216
Imagen 89 Caldera Incol 60	220
Imagen 90 Nomograma diámetro de cañería Spirax Sarco.....	227
Imagen 91 Nomograma Caída de Presión Autoclave Spirax Sarco.....	231
Imagen 92 Nomograma Caída de Presión Lavadora Spirax Sarco	234
Imagen 93 Diagrama de apoyos Spirax Sarco	238
Imagen 94 Gráfico de expansión para tubería de acero suave	241
Imagen 95 Cuadro de regulación de vapor según manual Spirax Sarco.....	245
Imagen 96 Cuadro de regulación de vapor adoptado.....	246
Imagen 97 Distribución de tableros y cargas - Instalación Eléctrica.....	248
Imagen 98 Esquema Tablero y Carga - Instalación Eléctrico.....	249

Imagen 99 Unifilar Tablero General	249
Imagen 100 Unifilar Tablero Seccional 1 Iluminación.....	250
Imagen 101 Unifilar Tablero Seccional 2 Oficinas.....	251
Imagen 102 Unifilar Tablero Seccional 3 Pañol	252
Imagen 103 Unifilar Tablero Seccional 4 Cámara Frigorífica.....	252
Imagen 104 Unifilar Tablero Seccional 5 Área de Limpieza de Vehículos	253
Imagen 105 Unifilar Tablero Seccional 6 Taller Mecánico.....	253
Imagen 106 Unifilar Tablero Seccional 7 Instalación de agua	254
Imagen 107 Potencia Banco de Capacitores - Manual ABB	260
Imagen 108 Capacitor Schneider EasyLogic PFC	261
Imagen 109 Controlador de Factor de Potencia Schneider VarPlus Logic VPL 6 ..	262
Imagen 110 Unifilar Tablero Principal y Seccional 4.....	264
Imagen 111 Fallas Cortocircuito en Tablero Principal	278
Imagen 112 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 1	281
Imagen 113 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 2	282
Imagen 114 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 3	284
Imagen 115 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 4	285
Imagen 116 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 5	286
Imagen 117 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 7	289
Imagen 118 Figura 771.3 A Esquema de puesta a tierra TT.....	299
Imagen 119 Distribución jabalinas Pata de Ganso.....	305
Imagen 120 Modelo Tablero Principal	308
Imagen 121 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS1	309

Imagen 122 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 2	310
Imagen 123 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 3	311
Imagen 124 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 4	312
Imagen 125 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 5	313
Imagen 126 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 6	314
Imagen 127 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 7	315
Imagen 128 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Autoclave	316
Imagen 129 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección H.Pirolítico	317
Imagen 130 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Enfardadora	318
Imagen 131 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Campana Extracción	319
Imagen 132 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Caldera	320
Imagen 133 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Sist. Ósmosis Inversa	321

Imagen 134 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Compresor.....	322
Imagen 135 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Corrección FP	323
Imagen 136 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Planta Tratamiento Efluentes	324
Imagen 137 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Lavadora de contenedores.....	325
Imagen 138 Protecciones TS1.....	326
Imagen 139 Modelo Tablero Seccional 1	327
Imagen 140 Curvas de disparo - Selectividad carga 1.1	327
Imagen 141 Curvas de disparo - Selectividad carga 1.3	329
Imagen 142 Protecciones TS2.....	330
Imagen 143 Modelo Tablero Seccional 2	330
Imagen 144 Curvas de disparo - Selectividad carga 2.1	331
Imagen 145 Curvas de disparo - Selectividad carga 2.6	332
Imagen 146 Protecciones TS3.....	333
Imagen 147 Modelo Tablero Seccional 3	333
Imagen 148 Curvas de disparo - Selectividad carga 3.1	334
Imagen 149 Curvas de disparo - Selectividad carga 3.2	335
Imagen 150 Protecciones TS4.....	336
Imagen 151 Modelo Tablero Seccional 4	336
Imagen 152 Curvas de disparo - Selectividad carga 4.1	337
Imagen 153 Protecciones TS5 y 6.....	338
Imagen 154 Curvas de disparo - Selectividad carga 5.1	338

Imagen 155 Curvas de disparo - Selectividad carga 5.2	339
Imagen 156 Protecciones TS7.....	340
Imagen 157 Modelo Tablero Seccional 7	340
Imagen 158 Curvas de disparo - Selectividad carga 7.1	341
Imagen 159 Curvas de disparo - Selectividad carga 7.2	342
Imagen 160 Revista Cifras - Costo por Metro Cuadrado.....	345
Imagen 161 Gráfico Flujo de caja en pesos	357
Imagen 162 Gráfico Flujo de caja en dólares.....	359
Imagen 163 VAN y TIR en dólares	359
Imagen 164 Área de localización del Proyecto.....	363

Índice de tablas

Tabla 1 Relaciones de proximidad.....	86
Tabla 2 Tabla relacional de actividades	86
Tabla 3 Población estimada	96
Tabla 4 Población total.....	97
Tabla 5 Datos relevados de Hospitales sobre Bolsas de RR.PP.	99
Tabla 6 Características Compactadora ABECOM EHA-RSU 6060	109
Tabla 7 Características pinza AARDWOLF Versa AVBC-1100.....	111
Tabla 8 Características paneles térmicos MTH	130
Tabla 9 Cambios de aire Manual Copeland	135
Tabla 10 Calor disipado por personas Copeland	137
Tabla 11 Calor disipado por motores eléctricos Copeland	138
Tabla 12 Requerimientos de almacenaje por producto Copeland.....	141
Tabla 13 Características Evaporador INCON modelo BST44-500.....	143

Tabla 14 Factor de corrección F1 Condensador	144
Tabla 15 Factor de corrección F2 Condensador	145
Tabla 16 Factor de corrección F3 Condensador	145
Tabla 17 Características Condensador INCON modelo ITR 56-1410.....	146
Tabla 18 Características Compresor Danfoss modelo MLZ030T4A	147
Tabla 19 Tramo de conductos	157
Tabla 20 Características de ventilador	160
Tabla 21 Renovaciones de aire	163
Tabla 22 Cálculo efluentes generados.....	166
Tabla 23 Límites permitidos de parámetros para efluentes a vía cloacal	167
Tabla 24 Consumos de agua	172
Tabla 25 Consumos Tanque de reserva	174
Tabla 26 Diámetros de cañerías - OSN.....	175
Tabla 27 diámetros de consumos del Tanque de reserva.....	176
Tabla 28 Mecánica de los fluidos e hidráulica de Ranald V. Giles (Tabla 2 Pág.247)	180
Tabla 29 Resumen Diámetros de cada consumo.....	181
Tabla 30 Cálculo de pérdidas Hidrolavadora.....	183
Tabla 31 Consumos de agua tratada.....	184
Tabla 32 Verificación de presión mínima Bombas de caldera (2).....	186
Tabla 33 Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas - Claudio Mataix	187
Tabla 34 Mecánica de los fluidos e hidráulica de Ranald V. Giles (Tabla 2 Pág.247)	188
Tabla 35 Longitud equivalente accesorios instalación de agua	191
Tabla 36 Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas - Claudio Mataix	194

Tabla 37 Mecánica de los fluidos e hidráulica de Ranald V. Giles (Tabla 2 Pág.247)	194
Tabla 38 Consumos aire comprimido	208
Tabla 39 Características Compresor KAESER modelo AIRCENTER 22 SFC	209
Tabla 40 Tabla cálculo de volumen real del tanque aire comprimido	211
Tabla 41 Cálculo de diámetro de tubería Aire comprimido	211
Tabla 42 Longitudes equivalentes de accesorios aire comprimido	213
Tabla 43 Longitud total de cada línea aire comprimido	213
Tabla 44 Accesorios en línea de aire comprimido	215
Tabla 45 Cálculo de diámetro de tubería vapor	225
Tabla 46 Diámetros interiores caños Schedule 40	226
Tabla 47 Longitudes equivalentes de accesorios en vapor	229
Tabla 48 Longitudes equivalentes de accesorios línea Autoclave	229
Tabla 49 Longitud total línea a Autoclave	229
Tabla 50 Resultado calculadora PTC Vapor para Autoclave	230
Tabla 51 Longitud equivalente de accesorios línea Lavadora de Contenedores	232
Tabla 52 Longitud total línea Lavadora de contenedores	233
Tabla 53 Resultado calculadora PTC Vapor para Lavadora	233
Tabla 54 Calculadora aislación de tubería Autoclave	236
Tabla 55 Calculadora aislación de tubería Lavadora	237
Tabla 56 Distancia entre soporte para tubería Spirax Sarco	239
Tabla 57 Dilatación de tuberías Spirax Sarco	240
Tabla 58 Longitud total tubería para cada carga	240
Tabla 59 Características juntas de expansión Genebre	242
Tabla 60 Consumo y longitudes de las cargas	255

Tabla 61 Consumos y corrientes de cargas	256
Tabla 62 Potencia Total	256
Tabla 63 Cargas alimentadas por Grupo Electrónico.....	257
Tabla 64 Potencia Grupo Electrónico	258
Tabla 65 Potencia Real y Aparente de las cargas	259
Tabla 66 Potencia Aparente Total.....	259
Tabla 67 Especificaciones técnicas capacitor	262
Tabla 68 Sección Acometida a planta.....	265
Tabla 69 Cálculo Caída de Tensión	268
Tabla 70 Sección Adoptada Acometida a planta	269
Tabla 71 Sección Adoptada entre Tablero Principal y Tableros Seccionales o Equipos Puntuales	270
Tabla 72 Sección Adoptada entre Tableros Seccionales y cada Carga.....	271
Tabla 73 Especificaciones Técnicas Transformadores Czerweny	274
Tabla 74 Impedancia conductor Acometida	276
Tabla 75 Impedancias conductores en Tablero Principal a Tableros seccionales y Equipos puntuales	276
Tabla 76 Impedancias conductores Tableros Seccionales a Cargas	277
Tabla 77 Impedancia total cálculo de cortocircuito	279
Tabla 78 Corriente de cortocircuito calculada	279
Tabla 79 Corriente de choque de cortocircuito	280
Tabla 80 Corriente nominal de motores en funcionamiento simultaneo	280
Tabla 81 Comparación Corriente de cortocircuito y corriente nominal de motores	280
Tabla 82 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 1	282
Tabla 83 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional	283

Tabla 84 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 3	284
Tabla 85 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 4	286
Tabla 86 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 5	287
Tabla 87 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 5	288
Tabla 88 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 7	290
Tabla 89 Corriente de cortocircuito Autoclave	291
Tabla 90 Corriente de cortocircuito Horno Pirolítico	291
Tabla 91 Corriente de cortocircuito Enfardadora.....	292
Tabla 92 Corriente de cortocircuito Campana de Extracción	292
Tabla 93 Corriente de cortocircuito Caldera.....	293
Tabla 94 Corriente de cortocircuito Sist. Ósmosis Inversa.....	293
Tabla 95 Corriente de cortocircuito Compresor.....	294
Tabla 96 Corriente de cortocircuito Planta Tratamiento de Efluentes	294
Tabla 97 Corriente de cortocircuito Lavadora de Contenedores	295
Tabla 98 Corriente de cortocircuito Corrección FP	295
Tabla 99 Valores de "k" para conductores de línea	296
Tabla 100 Verificación conductor a CC Acometida	297
Tabla 101 Verificación conductor a CC TP a TS y Equipos Puntuales.....	297
Tabla 102 Verificación conductor a CC entre TS y Cargas.....	298
Tabla 103 Valores máximos de resistencia de puesta a tierra.....	300
Tabla 104 Sección mínima de conductor de puesta a tierra.....	300
Tabla 105 Sección PAT seleccionada Acometida	301
Tabla 106 Sección PAT seleccionada entre TP y TS y Equipos puntuales	302
Tabla 107 Sección PAT seleccionada entre TS y Cargas	303
Tabla 108 Radios equivalentes de jabalinas.....	304

Tabla 109 Costo Equipos Puntuales.....	344
Tabla 110 Inversión en Equipos Puntuales	344
Tabla 111 Costo Obra Civil	345
Tabla 112 Inversión Obra Civil.....	345
Tabla 113 Inversión Instalación de Vapor	346
Tabla 114 Inversión Instalación Aire Comprimido	346
Tabla 115 Inversión Instalación de Agua.....	346
Tabla 116 Inversión Instalación Eléctrica.....	347
Tabla 117 Inversión Cámara Frigorífica	347
Tabla 118 Inversión Ventilación.....	347
Tabla 119 Inversión Manipulación de Fardos.....	348
Tabla 120 Inversión Transporte - Parque Móvil	348
Tabla 121 Compensaciones Salariales	349
Tabla 122 Consumo de combustible Parque Móvil	349
Tabla 123 Costos de transporte y Recolección	350
Tabla 124 Costo Energía Eléctrica.....	350
Tabla 125 Costo Gas Natural	350
Tabla 126 Costo Servicios	351
Tabla 127 Insumos Transporte y Recolección	351
Tabla 128 Costo Insumos.....	351
Tabla 129 Cantidad de Cajas Roll Off Utilizadas	352
Tabla 130 Costos Disposición Final	353
Tabla 131 Precio por kg retirado.....	353
Tabla 132 Ingresos totales máximos	353
Tabla 133 Detallado Inversión Inicial.....	354

Tabla 134 Flujo de caja en pesos	356
Tabla 135 VAN y TIR en pesos	357
Tabla 136 Flujo de caja en dólares.....	358
Tabla 137 Criterios - Significado de variables dentro del algoritmo	371
Tabla 138 Calificaciones de impacto ambiental	372
Tabla 139 Valores de la Importancia	372
Tabla 140 Matriz etapa construcción	374
Tabla 141 Matriz etapa operación.....	377
Tabla 142 Matriz etapa abandono	380
Tabla 143 Matriz sintética - Etapa de construcción.....	383
Tabla 144 Matriz sintética - Etapa de operación.....	384
Tabla 145 Matriz sintética - Etapa de abandono.....	385
Tabla 146 Valor medio de impactos por componente	386
Tabla 147 Unidades de importancia asignadas	388
Tabla 148 Categorías Matriz.....	388
Tabla 149 Matriz sintética ponderada – Etapa de construcción.....	389
Tabla 150 Matriz sintética ponderada – Etapa de operación	389
Tabla 151 Matriz sintética ponderada – Etapa de Abandono	390
Tabla 152 Media total de impactos en las etapas por componente ambiental	391

1 ANTEPROYECTO

1.1 Definiciones

Para la lectura a conciencia del proyecto es necesario aclarar ciertos elementos, palabras o conceptos que serán utilizados en el desarrollo del mismo.

1- **BIOSEGURIDAD:** Se puede decir que es el conjunto de normas, medidas, protocolos y barreras destinadas a prevenir el riesgo biológico, aplicados con el objetivo de contribuir a la prevención de riesgos o infecciones derivadas de la exposición a agentes potencialmente infecciosos o con cargas significativas de riesgo biológico, químico y/ físicos, como por ejemplo el manejo de residuos especiales, almacenamiento de reactivos y uso de barreras protectoras entre otros. (Comité institucional de bioseguridad) (Iberdrola S.A).

2- **CADENA EPIDEMIOLOGICA:** Es un modelo el cual representa a los distintos elementos que participan en la transmisión de una enfermedad o infección en forma de eslabones.

Los distintos componentes que componen a la cadena epidemiológica son:

- Agente Infeccioso: Es el cual provoca la infección sobre una persona o comunidad bajo condiciones específicas. Este agente puede ser un virus, una bacteria, un parásito o un hongo.
- Reservorio o hábitat: Es donde el agente vive y se reproduce hasta que encuentra a un huésped. Este puede ser un animal o un ser humano, o incluso el medio ambiente, como el agua o el suelo.
- Fuente de Infección: Todo organismo que actúa como portador y propagador del agente infeccioso.
- Vía de Salida: Es la manera en la que el agente infeccioso sale de un huésped y se transmite a otro.

- Mecanismo de Transmisión: Este puede ser directo o indirecto. En la transmisión directa el agente pasa de una persona a otra sin la intervención de objetos intermediarios. Tal transmisión se da cuando existe un contacto físico directo entre la fuente de infección y el huésped susceptible. La transmisión indirecta ocurre cuando el agente infeccioso se transmite a través de un vector, (ej. mosquito o una garrapata), o a través de un objeto contaminado, (ej. juguete o una superficie.)
- Puerta de entrada: Es la vía por la que el agente infeccioso se cuela en el cuerpo del huésped susceptible y causa la infección.
- Huésped susceptible: Es la persona o animal que puede adquirir la enfermedad por no tener resistencia ni inmunidad frente al agente infeccioso.

(INESEM Revista digital, s.f.)

Definiciones dispuestas en el Anexo 2 del decreto 6009: Reglamento de la ley provincial 8880 en lo relativo a residuos potencialmente biopatogénicos:

- 3- **ALMACENAMIENTO:** Implica la tenencia de residuos por un período temporario al final del cual éstos serán tratados, dispuestos o almacenados en otro lugar.
- 4- **BARROS:** Comprende a cualquier residuo sólido, semisólido o líquido generado en una planta de tratamiento de aguas residuales, sea municipal, provincial o nacional o industrial, planta de purificación de agua para consumo, o instalación de control de contaminación de efluentes gaseosos. No se considera incluido al efluente tratado de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- 5- CELDA DE SEGURIDAD: Se refiere una unidad específica dentro de un vertedero o relleno sanitario donde se depositan los residuos sólidos de manera controlada y segura. Se construyen con medidas de seguridad y diseño especializado para evitar la contaminación del suelo, el agua y el aire. Algunas características comunes de una celda de seguridad pueden incluir:
- a. Impermeabilización: Las celdas se revisten con materiales impermeables, como arcilla compactada o geomembranas, para evitar que los líquidos (líquidos contaminantes) generados por los residuos se filtren al suelo y al agua subterránea.
 - b. Sistemas de drenaje: Se instalan sistemas de drenaje para recoger los lixiviados y dirigirlos hacia instalaciones de tratamiento adecuadas.
 - c. Capas de cobertura: Después de depositar los residuos en la celda, se cubren con capas de tierra o materiales inertes para minimizar los olores, prevenir la proliferación de vectores (como roedores e insectos) y reducir la erosión.
 - d. Control de gases: Se implementan sistemas de captación y control de gases generados por la descomposición de los residuos, como el metano, para prevenir su liberación descontrolada a la atmósfera.
- 6- CONTENEDOR: Se refiere a cualquier recipiente en el cual un material es almacenado, transportado, o manipulado de algún modo.
- 7- DISPOSICION FINAL: Se entiende por disposición final toda operación de eliminación de residuos biopatogénicos, o de los materiales residuales originados en el tratamiento de esos residuos biopatogénicos, que implique la incorporación de estos a cuerpos receptores, previo tratamiento de ser

necesario. Constituyen disposiciones finales las siguientes operaciones de eliminación contempladas en el Anexo III-A de la Ley N°24051:

- Embalse superficial (D4), sólo para los líquidos residuales previamente tratados, provenientes del lavado de gases, lavado de equipos y lavado de camiones.
- Rellenos de seguridad y rellenos especialmente diseñados (D5).
- Vertido en extensión de agua dulce (D6), con igual condición que en D4.
- Reciclado de plásticos (R3) para usos no alimenticios ni medicinales y metales (R4) ambos previamente esterilizados.

De acuerdo con las definiciones que siguen, sólo es admitida como Disposición Final la descarga, o emisión, pero no los vertidos o fugas:

- *Descarga, emisión:* Indica una situación en la que las sustancias (sólidas, líquidas o gaseosas) previamente tratadas y por tanto cumpliendo con las condiciones límites de descarga, puedan ingresar directamente al ambiente, dado que por sus nuevas características y/o composición no implican un riesgo de contaminación.
- *Vertido, volcado:* Indica situaciones intencionales en las cuales sustancias o residuos son puestos directamente en contacto con el medio, pudiendo derivar esto en una afectación a la salud y/o al ambiente.
- *Fuga, escape, derrame:* Indica situaciones accidentales en las cuales una sustancia o un residuo peligroso o no, tiene posibilidad de ingresar directamente al ambiente.

- 8- EMBALSE SUPERFICIAL: Instalación o parte de una instalación no natural, excavada exprofeso, constituida principalmente de materiales térreos impermeables (no obstante, puede ser impermeabilizada con materiales sintéticos), la cual está diseñada para contener una acumulación de residuos líquidos o de residuos conteniendo líquidos libres.
- 9- ENCAPSULACION: Técnica para aislar una masa de residuos. Implica el completo revestimiento o aislación de una partícula tóxica o aglomerado de residuos mediante el empleo de una sustancia distinta como el aditivo o ligante utilizado en la Solidificación y Estabilización.
- 10- ESTABILIZACION: Método de tratamiento de residuos que limitan la solubilidad de los contaminantes, remueven el tóxico o su efecto tóxico y las características físicas pueden ser o no mejoradas. En este procedimiento el residuo es cambiado a una forma químicamente más estable. El término incluye el uso de una reacción química para transformar el componente tóxico a un nuevo compuesto no tóxico. La solidificación también se halla comprendida en esta técnica. Los procesos biológicos no están incluidos.
- 11- GENERADOR: Persona física o jurídica cuya acción o actividad lo hace pasible de estar sometido al presente Reglamento, porque los residuos que genera están comprendidos en la identificación de residuos.
- 12- INCINERACION: Es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura en el cual los residuos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y residuales sólidos incombustibles o cenizas, que deben ser sometidas a un proceso de Disposición Final en rellenos de seguridad o en rellenos sobre suelos de baja permeabilidad.

- 13- LIQUIDOS LIBRES: Son los líquidos que se separan rápidamente de la parte sólida de un residuo en condiciones ambientales de presión y temperatura.
- 14- LIMITE DEL PERMISO DE VERTIDO/EMISION: Valor numérico o enunciado narrativo establecido como límite a un vertido emisión de residuos en su Permiso de Vertido, en función de los correspondientes objetivos y estándares de calidad.
- 15- LIXIVIADO: Se refiere a cualquier líquido y sus componentes en suspensión, que ha percolado o drenado a través de la masa de residuos.
- 16- MANEJO: Es el control sistemático de la recolección, separación en el origen, almacenamiento, transporte, procesamiento, tratamiento, recuperación y disposición final de residuos.
- 17- OPERADOR: Es la persona responsable por la operación completa de una instalación o Planta de Tratamiento y/o Disposición Final de residuos.
- 18- PLANTAS DE DISPOSICION FINAL: Son aquellas en las que se realizan las siguientes operaciones de eliminación indicadas en el Anexo III-A de la Ley N°24051.
- Embalse superficial (D4), sólo para los líquidos residuales previamente tratados, provenientes del lavado de gases, lavado de equipos y lavado de camiones.
 - Rellenos de seguridad y rellenos especialmente diseñados (D5).
 - Vertido en extensión de agua dulce (D6), con igual condición que en D4.
 - Reciclado de plásticos (R3) para usos no alimenticios ni medicinales y metales (R4) ambos previamente esterilizados.

19- RELLENOS DE SEGURIDAD: Instalación para dar disposición final en el terreno a los residuos o residuales de otros procesos de su tratamiento, los cuales mantienen características de peligrosidad. Es un método de Disposición Final de residuos, el cual maximiza su estanqueidad a través de barreras naturales complementadas por barreras colocadas por el hombre, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de afectación al medio.

20- RESIDUO PELIGROSO: A los fines de lo dispuesto en el Art. 2 de la Ley, se denomina residuo peligroso a todo material que resulte objeto de desecho o abandono y pueda perjudicar en forma directa o indirecta, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general, y cualquiera de los indicados expresamente en el Anexo I de la Ley N.º 24.051 o que posea alguna de las características enumeradas en el Anexo II de la misma Ley.

21- TRATAMIENTO: Cualquier método, técnica o proceso físico, químico, térmico o biológico, diseñado para cambiar la composición de cualquier residuo peligroso o modificar sus propiedades físicas, químicas o biológicas de modo de transformarlo en no peligroso, o menos peligroso o hacerlo seguro para el transporte, almacenamiento o disposición final; recuperar energía, o materiales o bien hacerlo adecuado para almacenamiento, y/o reducir su volumen. La dilución no está considerada tratamiento. Para los residuos se admiten solamente los tratamientos de: Incineración (excluidos plásticos) y esterilización.

La Autoridad de Aplicación, según los avances tecnológicos y de conocimiento, podrá, en el futuro, autorizar nuevos tratamientos o prohibir los ya existentes.

22- TRATAMIENTO AVANZADO DE POTABILIZACION DE AGUA: Se entiende por tratamiento avanzado de potabilización de agua aquel que es capaz de remover, al menos, el noventa por ciento (90 %) de los constituyentes potencialmente peligrosos presentes en la fuente de agua a potabilizar y que no genera constituyentes tóxicos en el mismo proceso de potabilización por encima de las normas de agua de bebida. Son tratamientos avanzados de potabilización, entre otros, los siguientes:

- Carbón activado
- Osmosis inversa
- Ultrafiltración
- Electrodiálisis
- Intercambio iónico
- evaporación por compresión de vapor
- destilación

1.2 Destinatarios del proyecto

Este proyecto está destinado a los generadores de residuos patológicos de la ciudad de Paraná como de las zonas aledañas (hasta 100 kilómetros de distancia de esta). Esto quiere decir que se toman como potenciales clientes a cada clínica o centro de salud, tanto grande como pequeños, hospitales, veterinarias, farmacéuticas y droguerías.

1.3 Necesidades

La existencia de plantas de tratamiento de residuos patológicos es esencial para garantizar la correcta gestión y eliminación de los desechos médicos, contribuyendo así a prevenir la propagación de enfermedades y proteger tanto a los trabajadores de la salud como a la comunidad en general ya que estos desechos, si no se manejan adecuadamente, representan un grave riesgo para la salud y el medio ambiente.

Estas instalaciones especializadas reciben los desechos médicos y los someten a un proceso riguroso de desinfección, descontaminación y eliminación segura.

La importancia de estas plantas radica en su capacidad para romper la cadena epidemiológica. La cadena epidemiológica es el proceso por el cual una enfermedad se transmite de una persona a otra. Al tratar adecuadamente los residuos patológicos en estas instalaciones, se evita la propagación de agentes infecciosos, reduciendo así el riesgo de contagio tanto para el personal de salud como para la población en general.

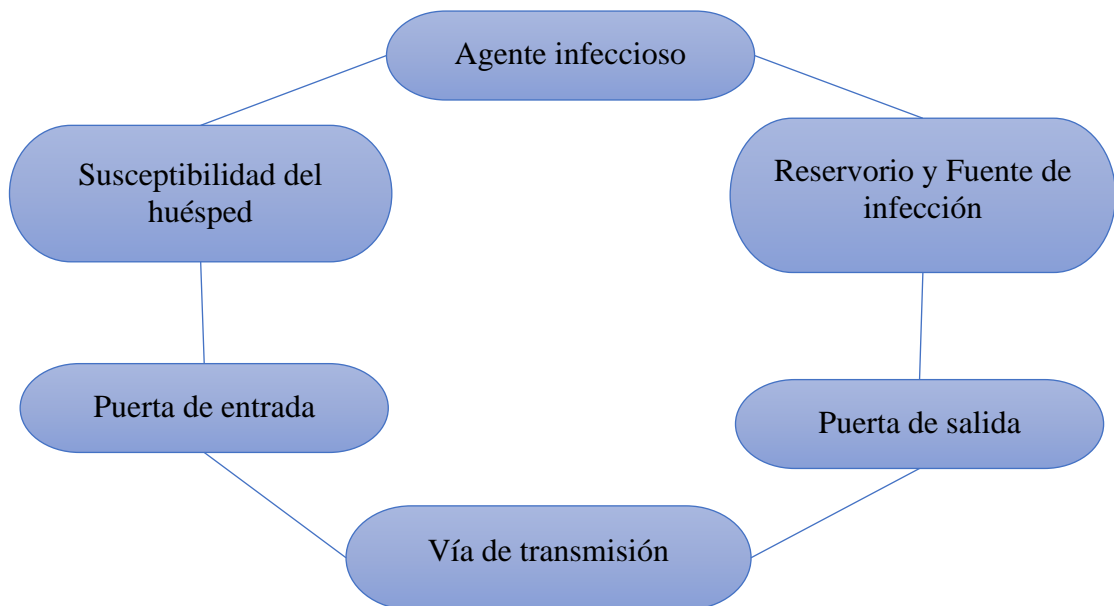


Imagen 1 Cadena epidemiológica

Además, las plantas de tratamiento de residuos patológicos también contribuyen a la preservación del medio ambiente. Al utilizar métodos seguros de eliminación, se evita la contaminación del suelo, del agua y del aire. Esto es especialmente relevante, ya que algunos patógenos pueden persistir en el medio ambiente y representar un riesgo incluso después de ser desechados.

Paraná, siendo la capital de la provincia de Entre Ríos y teniendo los mayores centros de salud de la provincia, no dispone de una planta de tratamiento de residuos

patológicos que pueda tratar la cantidad que se genera de estos. La única planta del rubro habilitada en la provincia llamada Horizonte Gases S.A se ubica en la ciudad de Concordia, en el otro extremo de la provincia, lo cual requiere que todos los días varios camiones recorran los casi 300 kilómetros entre estas ciudades para retirar los residuos que aquí se producen.

Esta falta de solución local provoca también, como consecuencia, que la empresa concordense se enfoque en atender a los grandes generadores, dejando de lado a los pequeños y medianos (por ejemplo, un centro de salud como los que se ubican en los distintos barrios de la ciudad). Estos últimos tienen como única opción, por razones de proximidad, contratar a otra empresa rosarina llamada SOMA S.A. Sin embargo, el servicio de recolección por parte de ambas resulta intermitente e irregular en el tiempo, lo que termina en una mala contención de los RR.PP. dentro de los propios centros de salud, quedando en sus respectivas bolsas por más tiempo del permitido por la ley provincial. Este servicio deficiente aumenta la exposición a agentes infecciosos, poniendo en riesgo a la comunidad y a la salud pública, como así también desalienta a los generadores a contratar sus servicios, llevando a que muchos de estos desechen los residuos patológicos junto con los residuos urbanos, incumpliendo la ley y generando así un gran riesgo a las comunidades que viven cerca de basurales y cualquier persona con la que pueda llegar a tener contacto.

Por lo tanto, este proyecto surge de la necesidad de salvaguardar la salud pública de la Ciudad de Paraná y las zonas aledañas ya que su función en la bioseguridad y la interrupción de la cadena epidemiológica es vital. Además, resulta indispensable el apoyo y la promoción del desarrollo y uso de estas plantas como parte integral del sistema de atención médica moderno y responsable.

1.4 Objetivo

Este proyecto tiene como objetivo lograr el diseño completo de una planta de tratamiento de residuos patológicos totalmente funcional, junto con su transporte y solución para su posterior disposición final, cubriendo así las áreas que hoy en día no se ocupa ninguna empresa local. A implementarse en las afueras de la ciudad de Paraná, con capacidad de procesar los RR.PP. de la zona de influencia elegida cumpliendo con las normativas vigentes, además de plantear la logística de esta y finalmente realizar un análisis de viabilidad.

1.5 Marco Legal

Para la provincia de Entre Ríos y más específicamente la ciudad de Paraná existen diversas legislaciones relacionadas a los RR.PP. como también al emplazamiento de las plantas de tratamiento las cuales enunciarán a continuación.

En primer lugar, se tiene el Artículo 41 de la constitución nacional sobre el derecho a un ambiente sano para los seres humanos, la actividad productiva y la preservación de este para las generaciones por venir.

Para toda la Nación Argentina la ley que regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos y dentro de estos, los patológicos, es la ley 24051 de Residuos peligrosos Sancionada el 17/12/1991 y publicada en el Boletín Oficial del 17/01/1992. A su vez la Ley Nacional N° 25.675 de Política Ambiental Nacional busca obtener un desarrollo sostenible dentro de un marco ambiental sustentable del ambiente.

Además, existe la Ley Nacional N° 26.011 en la cual se realiza la aprobación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes

Para la jurisdicción provincial de Entre Ríos existe el decreto 6009/00: Reglamento de la ley Provincial 8880 en lo relativo a los residuos potencialmente Biopatogénicos la cual agrega más condiciones a los generadores, transportistas y operadores, además de las ya dispuestas por la ley nacional.

La Ley Provincial N°6260 y Decreto Reg. N°5837 de Prevención y Control de la Contaminación dispone las pautas sobre la ubicación, construcción y equipamiento con el objeto de preservar el medio ambiente.

La ciudad de Paraná cuenta por su parte con la Ordenanza 8886 la cual crea el Registro municipal de generadores y operadores de residuos peligrosos. Dicho registro está a cargo de la Secretaría de medio ambiente de la Municipalidad de Paraná con el fin de regular y controlar a los generadores y operadores según las leyes ya mencionadas.

El código ambiental de Paraná establece además la Ordenanza N.º 7717 la cual informa nivel admisible de efluentes líquidos y gaseosos, ruidos, vibraciones, energía térmica y lumínica, olores y contaminación visual, métodos de tratamiento y otras consideraciones respecto al impacto ambiental. A su vez, el código urbano del municipio de Paraná, mediante la Ordenanza N.º 8563 añade más pautas para la ubicación de la planta según su tipo de actividad, grado de molestia y distrito a ubicarse.

1.6 Descripción del Proceso

Los residuos patológicos pasan por una serie de procesos desde que son generados hasta que se les realiza su correspondiente tratamiento y disposición final.

Un adecuado manejo de los RR.PP. según (Unidad de Gestión General de Operaciones Administración y Asuntos Legales de la Secretaría de Ambiente del

Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires., 2019) consta de los siguientes pasos:

1. Generación
2. Segregación
3. Almacenamiento
4. Transporte - Egreso
5. Tratamiento y Disposición Final

1.6.1 Generación

Es la producción de residuos considerados patológicos por el Artículo 19 (Ley 24.051 de Residuos Peligrosos) como desecho resultante de las distintas actividades del área de salud y farmacéutica.

“Artículo 19: los efectos de la presente ley se consideran residuos patológicos los siguientes:

- a) Residuos provenientes de cultivos de laboratorio;*
- b) Restos de sangre y de sus derivados;*
- c) Residuos orgánicos provenientes del quirófano;*
- d) Restos de animales producto de la investigación médica;*
- e) Algodones, gasas, vendas usadas, ampollas, jeringas, objetos cortantes o punzantes, materiales descartables,*

elementos impregnados con sangre u otras sustancias

putrescibles que no se esterilizan;

f) Agentes quimioterápicos;

g) Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos;

h) Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos para la atención de la salud humana.”

En el Anexo I se detallan las distintas categorías de los residuos peligrosos. Para el caso de los RR.PP. corresponden las categorías Y1, Y2 y Y3:

- Y1: Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas para salud humana y animal. (principalmente cofias, barbijos, guantes, gazas, entre otros).
- Y2: Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos. (Por ejemplo: ampollas, medicamentos vencidos, entre otros).
- Y3: Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos para la salud humana y animal. (Por ejemplo: agujas, jeringas, catéteres, entre otros).

Para el caso de los desechos Y3 y Y2, existe una categoría particular de estos, llamada “Desechos Citostáticos” que provienen de sustancias que demoran o detienen el crecimiento de las células, incluso las cancerosas, sin destruirlas. Estas sustancias pueden impedir el crecimiento de los tumores y su diseminación. Son un grupo heterogéneo de sustancias de distinta naturaleza química, que se utilizan de forma

preferente, aunque no exclusivamente, como tratamiento antineoplásico, solas o asociadas a otro tipo de terapia.

Por lo tanto, según el Artículo 14 de la misma ley *“será considerado generador toda persona física o jurídica que, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como peligrosos.”*

Cabe destacar que el generador debe realizar un esfuerzo para reducir al máximo la cantidad de residuos a generar.

1.6.2 Segregación

Este proceso consiste, en primer lugar, en separar los residuos sólidos urbanos de los residuos patológicos y/o farmacéuticos. Una vez diferenciados, los segundos se separan en residuos plásticos, residuos cortopunzantes y residuos potencialmente biopatogénicos (con excepción de plásticos y corto punzantes) ya que reciben un tratamiento distinto.

Para el caso de Entre ríos (Decreto 6009/0: Reglamento de la ley provincial 8880 en lo relativo a residuos potencialmente biopatogénicos) los plásticos serán depositados en bolsas transparentes incoloras y residuos cortopunzantes y potencialmente biopatogénicos en bolsas transparentes de tono rosado, ambas con una banda superior de color rojo. Estas bolsas serán de 100 micrones de espesor.

Los residuos cortopunzantes son aquellos capaces de penetrar y/ o cortar tejido humano, como por ejemplo bisturís, agujas, etc. Estos deberán ser desechados en descartadores o descargadores plásticos o de cartón exclusivos para ese fin inmediatamente después de utilizados. Luego de llenar los descartadores en sus tres cuartas partes estos deben ser tapados y colocados en las bolsas ya mencionadas.

Para residuos líquidos o fluidos biológicos, excepto la sangre, son tratados con hipoclorito de sodio y luego desechados por el desagüe cloacal. Los restos de sangre son tratados durante al menos 30 minutos con hipoclorito de sodio al 0,5% (5 g/L) y luego desechados como residuos potencialmente biopatógenicos.

Para los residuos citostáticos, la Superintendencia de Riesgos de Trabajo indica:

“Los residuos citostáticos se almacenarán separados de otros residuos generados en el hospital o centro sanitario, en contenedores exclusivos. La eliminación se realizará por incineración a elevadas temperaturas que se aseguren su destrucción. Todos los envases de residuos citostáticos serán de un solo uso, y una vez cerrados, no podrán volver a abrirse, y deberán permanecer intactos hasta el momento de su eliminación.”

Cabe resaltar que toda manipulación de RR.PP. deberá realizarse con elementos de protección personal como guantes, barbijo, uniforme o delantal, etc. Y manipularlos con el debido cuidado como por ejemplo tomar las bolsas por el cuello sin arrastrarlas, ni acercarlas al cuerpo.

El decreto provincial además establece que todas las bolsas deben contar de forma impresa con la inscripción “PELIGRO, ESTE RESIDUO PUEDE CAUSAR ENFERMEDADES” y el logotipo que identifica al material biopatógeno.

Además, deberán ser identificadas con una tarjeta cuyo modelo será provisto por el operador, y aprobada por la Autoridad de Aplicación, la cual deberá contener como mínimo los siguientes datos: Generador, fecha, lugar, cantidad de material en kilogramos, datos identificatorios del operador.



Imagen 2 Logotipo Riesgo Biológico

1.6.3 Almacenamiento

Luego de la segregación, los residuos ya embolsados se mantienen en contenedores para ser recolectados.

Según (Unidad de Gestión General de Operaciones Administración y Asuntos Legales de la Secretaría de Ambiente del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires., 2019) se pueden clasificar estos contenedores en:

- Contenedores de Almacenamiento Primario:

Son los recipientes ubicados más próximos a la generación de RRPP, por ejemplo, los ubicados dentro de la sala de terapia intensiva o en el quirófano de un hospital.

Estos recipientes pueden ser:

- Recipientes rígidos para el volumen de producción de residuos estimado, de material inerte, con manija, asa y de fácil lavado,

para contener las bolsas descriptas. Los mismos no deben tener bordes filosos. Según el decreto provincial, no hay un color definido para estos recipientes, aunque para otras ciudades como la Ciudad autónoma de Buenos Aires estos son rojos. Los recipientes según este decreto deben ser debidamente identificados como así las bolsas, con la inscripción PELIGRO, ESTE RESIDUO PUEDE CAUSAR ENFERMEDADES" y el logotipo que identifica al material biopatogénico. Además, deben contar con una tarjeta cuyo modelo será provisto por el operador, y aprobada por la Autoridad de Aplicación, que contendrá como mínimo los siguientes datos: Generador, fecha, lugar, cantidad de material en kilogramos, datos identificatorios del operador. Se establece además que cada establecimiento tendrá una existencia permanente de bolsas para un mínimo de treinta (30) días.

-Descartadores de cortopunzantes: Estos son de material rígido, impermeable, resistente a caídas y perforaciones. Poseen boca ancha para introducir los cortopunzantes con sus correspondientes tapas de sellado. También pueden estar ranurados para descartar hojas de bisturí, según el área, por ejemplo, el quirófano. Los descartadores son situados sobre las mesadas de trabajo para su utilización.



Imagen 3 Descartador de cortopunzantes típico

En hospitales y grandes clínicas, los residuos son recolectados varias veces durante la jornada o al final de esta, dependiendo del volumen de residuos y la gestión interna de cada lugar de generación, por el personal de limpieza capacitado. Estos son trasladados a un área destinada al acopio de residuos patogénicos.

- Contenedores de almacenamiento intermedio:

Son los recipientes ubicados en el área de acopio de residuos patogénicos. Estos son de plástico rígido de gran espesor, lavables, de color rojo, con tapa, ruedas y mayor capacidad que los contenedores de almacenamiento primario, por lo general desde 120 a 1100 litros.

Los residuos serán acopiados hasta ser transportados para su almacenamiento, tratamiento y disposición final.

Puede ser necesaria una cámara de frío en el área de acopio según el tiempo de permanencia de los residuos.



Imagen 4 Contenedores de Almacenamiento Intermedio típicos

1.6.4 Transporte y Egreso

El transportista, servicio de transporte o empresa contratado para el tratamiento y disposición final retira los residuos del área de acopio.

Estos residuos deben venir acompañados del manifiesto establecido por el Artículo 12 del decreto provincial (Decreto 6009/0: Reglamento de la ley provincial 8880 en lo relativo a residuos potencialmente biopatógenos) y tanto el transportista como el generador debe mantener un registro de los mismos.

En el capítulo V de dicho decreto, se detallan todas las normativas que debe cumplir la empresa transportista, así como las características que los vehículos de transporte deben tener. Destacamos las más importantes a continuación:

- Estar equipado con un tacómetro autorizado por la Secretaría de Transporte de la Nación y deberá expresar al menos: velocidad instantánea, tiempo de marchas, paradas, distancias recorridas, relevos en la conducción y registro

de origen y destino del transporte. Siempre que el vehículo esté en servicio, deberá funcionar sin interrupción. Se debe realizar un registro de las operaciones a entregar a la autoridad de fiscalización pasados los 2 años.

- Deben estar identificados de la siguiente manera:
 - Color blanco.
 - Las siguientes leyendas, claramente visibles:
 - “Transporte de Residuos Biopatogénicos”;
 - Nombre, domicilio y teléfono de la empresa;
 - “Autorizado para Operar en la Provincia de Entre Ríos”
(indicando N° del Registro de Operadores de Residuos Biopatogénicos de la Provincia de Entre Ríos);
 - Símbolo de Riesgo Biológico en los laterales y parte trasera del vehículo.
 - Las cajas de los vehículos deben ser de diseño y funcionamiento seguro, herméticas, independientes de la cabina de conducción, de material resistente a la corrosión y fácilmente lavable, con bordes de retención de líquidos o bandejas desmontables.
 - Contar con el certificado de revisión técnica vehicular vigente.



Imagen 5 Camión de Transporte de RR.PP. típico

1.6.5 Tratamiento y disposición final

Una vez recibidos los RR.PP. por parte de la planta, el tratamiento de los residuos, proceso ya mencionado en el Título “Definiciones”, es el que realiza la misma previo a la disposición final.

Las distintas formas de tratamiento de estos residuos en la planta de tratamiento, se verá en detalle en el título “Estudio de alternativas”.

Se entiende como disposición final, ya descrita en el apartado “Definiciones”, a la eliminación del residuo o del desecho que queda de este luego de su tratamiento.

Ejemplos de disposiciones finales (Gambóa María, Arangue José Luis) pueden ser las siguientes operaciones de eliminación:

- Deposito permanente dentro o sobre la tierra.
- Inyección profunda
- Embalse superficial.
- Rellenos especialmente diseñados.

- Vertido en extensión de agua dulce.
- Deposito permanente.

De estos, la ley provincial en su artículo 33° (Decreto 6009/0: Reglamento de la ley provincial 8880 en lo relativo a residuos potencialmente biopatogenicos), que hace referencia al Anexo III de la ley nacional de residuos peligrosos (Ley 24.051 de Residuos Peligrosos) sólo acepta como operaciones de eliminación las siguientes:

- Embalse superficial: para los líquidos residuales previamente tratados, provenientes del lavado de gases, lavado de equipos y lavado de camiones. Se trata del vertido de desperdicios líquidos o fangosos en pozos, estanques lagunas, etc. (D4).
- Rellenos de seguridad y rellenos sobre suelos de baja permeabilidad. Son compartimentos estancos separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente (D5).
- Vertido en extensión de agua dulce, siempre que cumplan la misma condición que para el embalse superficial (líquidos previamente tratados) (D6).
- Reciclado de plásticos (R3) para usos no alimenticios ni medicinales y metales (R4), ambos previamente esterilizados.

La disposición final del grueso de los residuos sólidos ya tratados se realiza en rellenos de seguridad o en rellenos sobre suelos de baja permeabilidad.

En el capítulo de “Estudios de alternativas” se observan las características de un suelo de baja permeabilidad y de un relleno de seguridad.

1.7 Descripción de la situación actual

Para describir la situación actual de la recolección de RR.PP. en la ciudad de Paraná, se tiene en cuenta tanto al gran generador (como un hospital) como al pequeño (como una clínica o veterinaria), tipo y cantidad de RR.PP. que se genera en cada caso. También se debe tener en cuenta la calidad del servicio actualmente ofrecido.

Según datos obtenidos del Registro Municipal de Generadores de Residuos Patológicos, que también recopila información sobre la generación de RR.PP.:

“Las empresas actualmente autorizadas son HORIZONTE GASES S.R.L. de la Ciudad de Concordia, Entre Ríos, y SOMA S.A. de la Ciudad de Rosario, Santa Fe. [...]

SEGÚN DATOS DECLARADOS, SE PUDO SABER QUE EL PERIODO ENERO 2021 / ENERO 2022 SE EFECTUÓ RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOPATONÉMICOS EN UN TOTAL DE:

GRANDES GENERADORES: 589000 kilos anuales.

PEQUEÑOS GENERADORES: 30000 kilos anuales.”

Se puede observar que los grandes generadores representan el 95% de los RR.PP. declarados en la ciudad.

1.7.1 Hospital de la Baxada

En la visita al Hospital de la Baxada de la ciudad de Paraná, se realizó una recorrida general del mismo haciendo hincapié en la generación y manejo de los RR.PP. en la instalación. Este, a pesar de ser un hospital de gran tamaño, como no está

terminado al momento de realizar este proyecto, no se encuentra trabajando a toda su capacidad.

Al ser un hospital de concepción moderna, presenta características constructivas que facilitan y dan seguridad al movimiento y tratamiento de pacientes, habiendo pasillos con circulación especial tanto para ellos como para el personal de salud y de mantenimiento técnico de las instalaciones. Se recorrieron los pasillos específicos para el retiro de los RR.PP., desde la zona de generación en contenedores primarios, hasta la zona de acopio en contenedores de almacenamiento intermedio (de 1100 litros). Cabe destacar que ningún paciente llega a entrar en contacto con estos residuos ni con su transporte intrahospitalario.

Este hospital tuvo su pico de utilización (y, por lo tanto, de generación de RR.PP.) durante la pandemia del COVID, entre los años 2020 y 2021, ya que se utilizó como centro provincial para el tratamiento e internación de casos de este virus.

Hoy en día, se realizan estudios y operaciones de baja complejidad, por lo que los principales tipos de RR.PP. generados son:

- Y3: Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos para la salud humana y animal. (Por ejemplo: agujas, jeringas, catéteres, entre otros).
- Y2: Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos. (Por ejemplo: ampollas, medicamentos vencidos, entre otros).
- Y1: Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas para salud humana y animal. (principalmente cofias, barbijos, guantes, gazas, entre otros).

Para los residuos citostáticos, en el caso de los no cortantes, deben ser desechados en bolsas de color AMARILLO, por considerarse “residuos especiales”. Para el caso de los cortantes, los recipientes rígidos utilizados también deben ser de este color, y de un solo uso.

Para el resto de los residuos patológicos no citostáticos, se utilizan los mismos métodos antes descritos, bolsas y contenedores rojos con cierre mediante precintos.

En el pasado, este hospital tuvo problemas con la recolección de los RR.PP. por parte de la empresa entrerriana, que incumplía tanto los plazos como las formas de manipulación. Hoy en día, la empresa contratada para este servicio es la rosarina.

1.7.2 Hospital Materno Infantil San Roque

Este hospital se toma de ejemplo como hospital público de alta complejidad, que opera hace muchos años en la ciudad y atiende a pacientes de toda la provincia.

Dentro de este hospital se hacen tanto guardias como internaciones, partos, cesáreas, operaciones complejas y tratamientos oncológicos.

Se realizó una visita a cargo de la responsable de la administración y supervisión de los insumos dentro del hospital, quien fue enfermera hace varios años dentro de esta institución y conocía cada una de las partes y problemáticas relacionadas a este tema.

En general, cada zona del hospital cuenta con pequeños tachos de disposición primaria de los RR.PP., con el correspondiente color de bolsa (negro: residuo urbano común, rojo: biopatogénico, amarillo: citostático). Estos tachos varían en tamaño, desde pequeños de 10 litros hasta unos de 40 litros. Una vez llenos en 2/3 su capacidad, se cierra la bolsa con precinto (en caso de que no haya, con doble nudo) y son llevados por el personal destinado para su recolección a los contenedores de disposición intermedia (tachos de 120 litros y container de 1100 litros), que se encuentran en

puntos cercanos a pasillos del hospital donde confluyen dos o más zonas diferenciadas del hospital. Entre 2 y 3 veces al día se llevan estos contenedores intermedios al depósito donde permanecen los residuos hasta su recolección.

En el caso de los cortopunzantes, las agujas se almacenan en contenedores rígidos destinados para tal fin, las jeringas en otro contenedor rígido de mayor tamaño. Una vez llena la capacidad de estos recipientes, se introducen en una bolsa color rojo para desecharse, se llevan directamente a los contenedores de disposición intermedia. Las ampollas se descartan también en un contenedor rígido el cual una vez lleno es introducido en una bolsa color amarillo.

Para el caso de los citostáticos cortopunzantes, se usa el mismo procedimiento que para las ampollas.

Los residuos anatómicos o anato-patogénicos, son introducidos en un recipiente rígido y estanco, que a su vez va dentro de una bolsa roja.

Otro tipo particular de residuos es el desecho líquido de la producción de placas de radiología. Este líquido, que es un desecho químico, es almacenado en bidones de 10 litros los cuales son retirados por la misma empresa que retira los RR.PP. Al pertenecer a la categoría “residuos peligrosos”, no pueden ser tratados por una planta dedicada al tratamiento de RR.PP.

Al ser un hospital tan grande y con tantos años, existen ciertos errores en el manejo de los RR.PP. que pueden y deben corregirse para evitar riesgos innecesarios.

1. Los insumos para desechar los residuos: tanto bolsas (negras, rojas y amarillas) como precintos, descartadores rígidos y contenedores son adquiridos por el hospital, la empresa contratada no se responsabiliza sobre estos insumos. Esto lleva a que la administración del hospital priorice un

precio reducido antes que buena calidad en estos artículos, llegando al punto de no cumplir con la normativa vigente (por ejemplo, compran bolsas de un espesor menor al obligatorio).

2. Circuito de egreso de residuos: a diferencia del Hospital de la Baxada, que contaba con pasillos técnicos especiales para el egreso de los residuos de la institución, el Hospital San Roque debe atravesar pasillos que dan inmediatamente a quirófanos, salas de parto, salas de internación y sala de espera de pacientes.
3. Concientización y educación del personal: dependiendo del sector del hospital con el que nos encontremos, el personal pudo como no haber sido capacitado correctamente en el uso y diferenciación de los residuos. Nos encontramos con partes de “baja complejidad” donde el personal no separa de manera idónea los RR.PP. cortopunzantes entre sí (por ejemplo: se desechaban agujas y jeringas en el mismo descartador).
4. Almacenaje o contención temporal de residuos: todos los residuos, tanto urbanos como biopatogénicos, son llevados a un “deposito” separado del hospital, con acceso a calle La Paz, dentro del cual se encuentra una división física (pared) que separa ambos tipos de residuos, con entrada y salida separada. Sin embargo, este depósito no cumple con la normativa vigente ya que no cuenta con una ventilación adecuada, ni sistema de refrigeración. Las bolsas de residuos son sacadas de los tachos de almacenamiento intermedio y tiradas dentro de este depósito. Según mencionan los mismos empleados encargados de la recolección de las bolsas dentro del hospital, llegó a pasar hasta 1 semana sin que el servicio

transportista contratado pase a retirar los RR.PP., se juntan alimañas, y aparecen olores desagradables.

El Hospital Materno Infantil San Roque cuenta hoy en día con 174 camas, y tiene un promedio de generación de residuos de 300 kg por día.

En cuanto a la cantidad de pacientes, pudimos obtener el censo realizado por el mismo hospital durante el 2021 que indica que se atendieron a 8045 niños.

1.8 Antecedentes

Dentro del portal del Honorable Consejo Deliberante de la Ciudad de Paraná, se encuentra el Decreto DEM N.º 3328/1994 - OBRA CIVIL Y ELECTROMECHANICA PARA CONSTRUIR LA PLANTA INCINERADORA DE RESIDUOS PATOLOGICOS Y DEL HORNO PATOLOGICO EN PARQUE INDUSTRIAL “GENERAL BELGRANO”, del año 1994 en el que se dispone la construcción de una planta de igual propósito que la de este proyecto ubicada en el parque industrial, llamándose a licitación pública para tal fin.

También se encuentra la Resolución RESOLUCION N.º 129/2000 - UBICACIÓN DEL HORNO INCINERADOR DE RESIDUOS PATOLOGICOS EN EL PARQUE INDUSTRIAL, del año 2000 en el que se otorga a la Secretaría de Planeamiento y Medio Ambiente el permiso de uso de un Horno Pirolítico para RR.PP. ubicado en el parque industrial.

1.9 Estudio de las alternativas

La planta proyectada debe encargarse de cumplir con los últimos tres pasos descriptos en el título anterior. En este apartado evaluamos las distintas alternativas que se puede adoptar para la parte de Transporte, Operación y Disposición Final de la planta.

Los cálculos económicos pertinentes de cada alternativa fueron evaluados y sólo se detallan en la parte de análisis económico y financiero del proyecto las opciones finalmente elegidas. Si bien se toman decisiones respecto a valor monetario de cada opción, no es la única variable a considerar en este proyecto. Es por esto se omiten los valores en este apartado.

1.9.1 Transporte

Para resolver la problemática de la recolección de los RR.PP. de los distintos generadores, es indispensable contar con un parque móvil propio, con todas las características que exige la ley provincial tanto para el vehículo como para los conductores / operarios. Resulta necesario garantizar un buen servicio de recolección a los generadores, sean pequeños o grandes.

Además de ser propios, se debe contar con vehículos de respaldo para seguir brindando el servicio.

Cada uno de estos vehículos debe tener una caja especial (con las características previamente aclaradas en este proyecto) en la que deben entrar una cantidad específica de contenedores en los que estarán las bolsas de RR.PP..

Se recogerán los desechos en la ubicación de los generadores según la cantidad de desechos generados. El retiro se llevará a cabo en días laborables, de lunes a sábado. Antes de partir, el vehículo de recolección dispondrá de una hoja de ruta específica proporcionada por la administración del operador, la cual se ajustará a la lista de generadores.

El personal de recolección deberá verificar que las bolsas estén cerradas de manera adecuada, sin daños, perforaciones ni fugas de líquidos, y que estén debidamente etiquetadas.

El conductor y su asistente pesarán cada contenedor en el que irán las bolsas, individualmente, utilizando una balanza capaz de imprimir etiquetas autoadhesivas con información alfanumérica y códigos de barras, que incluirán lo siguiente:

- Fecha y hora de retirada.
- Nombre y número de identificación del generador.
- Identificación del vehículo.
- Tipo de residuo: Infeccioso / Químico-Farmacéutico / Anatómico
- Peso de residuo.
- Código de barras con la información anterior.

Una vez completada la carga, se imprimirá en cuatro copias la información correspondiente al conjunto completo de desechos, y estas copias se adherirán al manifiesto de transporte.

1.9.1.1 Contenedores de transporte

Estos contenedores deben ser rígidos, químicamente inertes, con capacidad suficiente, que aprovechen bien el espacio y de fácil manipulación tanto para transportar residuos como para su lavado.

Observando las opciones del mercado actual, nos encontramos con la siguiente opción específica para el manejo de RR.PP.



Imagen 6 Contenedor para residuos patogénicos Moldumet 180 Litros

Este contenedor de la marca Moldumet está especialmente diseñado para el transporte de este tipo de residuos. Cuenta con las siguientes características:

- Capacidad: 180 litros
- Diseño y dimensiones optimizados para transporte y almacenamiento
- Manijas integradas
- Ruedas de alta resistencia y fácil mantenimiento
- Tapa robusta para soporte de carga y tope de rueda durante el apilamiento
- Peso (sin carga): 7,5kg.
- Capacidad de carga: 25kg.

Sus dimensiones son:

- Ancho: 545 mm

- Largo: 650 mm
- Alto: 725 mm (735 mm con ruedas)

Este tamaño lo hace de fácil manipulación por una persona, su capacidad máxima de 180 litros también permite almacenar y contener entre 3 y 4 bolsas medianas de RR.PP. que normalmente se utilizan en los centros de salud, o una bolsa grande que suelen utilizar los hospitales en los contenedores intermedios.

Además, estos son apilables, lo que permite aprovechar mejor el espacio de la caja de cualquier vehículo.

Esta característica de “empaquetado” dentro de las cajas de los vehículos, va a ser una de las principales características para considerar a la hora de seleccionar el tipo de transporte.

1.9.1.2 Tipos de vehículos

También se debe tener en cuenta que gran parte del recorrido de estos vehículos será ciudadano, por lo que no se puede sobredimensionar en su tamaño ya que involucraría un gasto innecesario de combustible, cubiertas, servicios, además de entorpecer el tránsito en calles céntricas.

Las opciones actuales en el mercado son las siguientes:

- Utilitario con tratamiento de caja de carga

Son los vehículos más pequeños, que ya vienen con una caja de carga cerrada en su carrocería y habitáculo para 2 ocupantes (conductor y acompañante). Requieren un tratamiento en su caja para aislarla de los ocupantes y contener los residuos de la manera que exige la ley. Como ventajas está su reducido tamaño y bajos costos de operación. Como

desventaja tiene la poca capacidad de carga que lo condiciona a recolectar sólo a los pequeños generadores.



Imagen 7 Utilitario pequeño típico

Las dimensiones de la caja de transporte de contenedores son las siguientes:

- Largo: 1700 mm
- Ancho: 1167 mm
- Alto: 1250 mm
- Cantidad de contenedores: 4
- Capacidad máxima de residuos en aproximada: 66 kg.

CITROEN BERLINGO

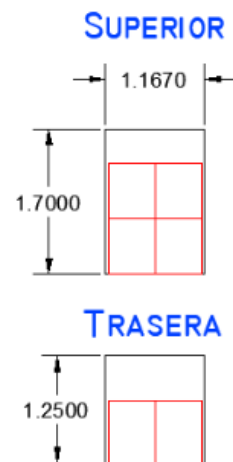


Imagen 8 Dimensiones

Caja Utilitario Pequeño

- Pick-up o camioneta versión chasis y caja especializada

Ofrecen mayor capacidad de carga ya que el chasis permite montar encima una caja especialmente diseñada para el transporte de RR.PP., con mayor

altura. La desventaja que tiene es que tiene mayor tamaño y costos de operación que el utilitario pequeño, y que su capacidad de carga puede no llegar a contener lo que se recoge de un gran generador.



Imagen 9 Camioneta con caja especial típica

Las dimensiones de la caja de transporte de contenedores son las siguientes:

- Largo: 2300 mm
- Ancho: 1500 mm
- Alto: 1700 mm
- Cantidad de contenedores: 12
- Capacidad máxima de residuos en aproximada: 200 kg.

TOYOTA HILUX / FORD RANGER
CABINA SIMPLE - CHASIS

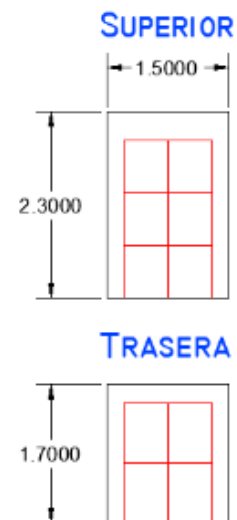


Imagen 10 Dimensiones Caja

Pick Up con Carrocería

- Vehículo comercial ligero, versión furgón y caja especializada

Este tipo de furgón puede contener un gran volumen de carga, siendo este cerrado y de fácil adaptación a los distintos usos particulares. Esto lo vuelve la opción más económica para recolectar los residuos de un gran generador. Sus costos operacionales son similares a los de las camionetas. Su principal desventaja es su largo que es mayor y complica su maniobrabilidad.

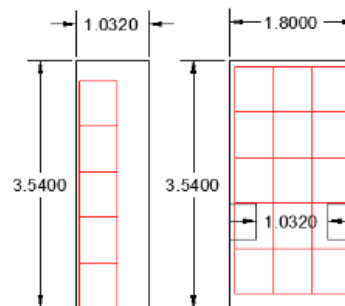


Imagen 11 Vehículo Comercial Ligero tipo Furgón

Las dimensiones de la caja de transporte de contenedores son las siguientes:

- Largo: 3540 mm
- Ancho: 1800 mm (entre paso de ruedas 1032 mm)
- Alto: 1900 mm
- Cantidad de contenedores: 28
- Capacidad máxima de residuos en aproximada: 465 kg.

IVECO DAILY FURGÓN
55-170 H2
SUPERIOR



TRASERA

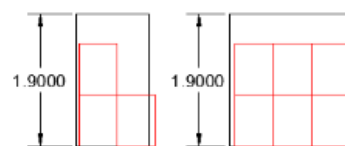


Imagen 12 Dimensiones Caja VCL Furgón

- Vehículo comercial ligero, versión chasis y caja especializada

Son los más utilizados en las distintas empresas del rubro. Su largo chasis permite instalar una caja especial de gran volumen, logrando así poder recolectar todos los residuos de un gran generador. Sus costos operacionales son similares a los de las camionetas. Su principal desventaja es su largo que es mayor y complica su maniobrabilidad.

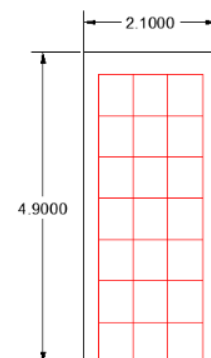


Imagen 13 Vehículo Comercial Ligero con Caja especial

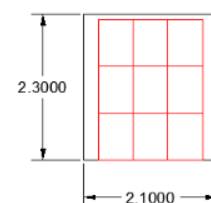
Las dimensiones de la caja de transporte de contenedores son las siguientes:

- Largo: 4900 mm
- Ancho: 2100 mm
- Alto: 2300 mm
- Cantidad de contenedores: 63
- Capacidad máxima de residuos en aproximada: 1050 kg.

IVECO DAILY CHASIS
70-170
SUPERIOR



TRASERA



ALTURA MÁXIMA
CHASIS 0.890

Imagen 14 Dimensiones Caja VCL Carrocería

- Camión ligero, con caja especial.

Es la opción más costosa, tanto en adquisición como en operación. Tiene la mayor capacidad de carga. Pudiendo recolectar uno o más generadores grandes. Su gran tamaño es problemático para la circulación urbana.



Imagen 15 Camión ligero con caja especial

Las dimensiones de la caja de transporte de contenedores son las siguientes:

- Largo: 5200 mm
- Ancho: 2300 mm
- Alto: 2300 mm
- Cantidad de contenedores: 84
- Capacidad máxima de residuos en aproximada:
1400 kg.

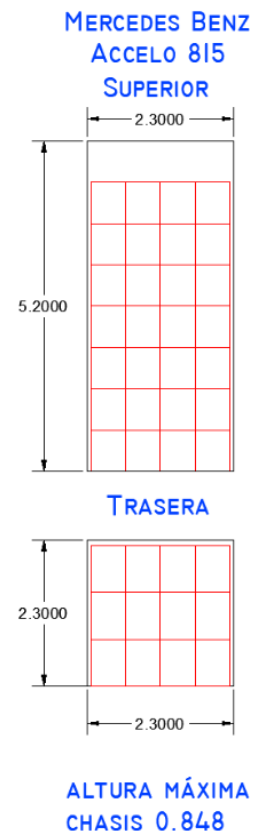


Imagen 16 Dimensiones Caja Camión Ligero

1.9.2 Operación / Tratamiento

Para el tratamiento de este tipo de residuos existen diversas técnicas con distintos niveles de complejidad y tecnología como pueden ser la esterilización por autoclave, incineración, microondas o la pirólisis.

Actualmente el decreto 6009, Capítulo VI Artículo 33, “Operaciones de Tratamiento y Disposición Final Aceptables” indica que se debe contar con al menos dos unidades de tratamiento. Además, estos equipos deben responder a alguna norma nacional o internacional reconocida.

También, este artículo define:

La incineración es un proceso para el tratamiento de residuos biopatogénicos que no pueden ser reciclados, reutilizados o dispuestos por otra tecnología, ya sea por razones legales, técnicas o ética

Queda prohibida expresamente la incineración de residuos contemplados en el Artículo 22º, inciso a) grupo 1, en particular de PVC (materiales descartables, envases, etc.) los que serán tratados por esterilización por calor húmedo u otro método autorizado por la Autoridad de Aplicación.

Se contemplan estas limitaciones a la hora de seleccionar ambos equipos que exige la ley. Por un lado, se necesita un horno de incineración para tratar el tipo de residuos mencionados en el primer caso. Luego, otro equipo para el resto de los residuos.

Investigando en plantas similares ya existentes en el país y en el exterior, se acotan las tecnologías a implementar para el tratamiento en las dos siguiente:

1.9.2.1 Autoclave

El autoclave es un equipo que utiliza presión superior a la presión atmosférica, para obtener modificaciones físicas o químicas de la materia. Somete a los residuos en su interior a temperaturas entre 130 y 145°C mediante la inyección de vapor, el cual, tras un periodo de tiempo, daña las estructuras esenciales de la materia orgánica incluyendo la membrana citoplasmática.

Al trabajar con vapor, este necesita ser generado a través de una caldera, siendo controlado automáticamente por el conjunto lógico del Autoclave (programador lógico de control + interfase hombre-máquina).

El proceso de esterilización se compone de cuatro (4) fases principales:

- Fase 1: “vacío”. Esterilización de ambiente de la cámara.
- Fase 2: “llenado”. Calentamiento a temperatura de mínima de régimen.
- Fase 3: “ciclo de esterilización”. Inyección del vapor a presión, con tiempo necesario para la esterilización.
- Fase 4: “igualación de presión y secado”. Liberación y extracción de vapor interior y humedad de la cámara.

Una vez que se ha alcanzado la presión atmosférica en el interior del equipo y se haya completado el ciclo, el sistema automático permite la apertura de la puerta del equipo y la descarga de los carros que contienen los residuos tratados. Esto marca el final del proceso de esterilización.

El sistema de control lógico, que es programable, permite la verificación de todos los procesos realizados cada día. Una vez iniciado el ciclo, no se requiere la intervención del operador hasta que se complete. El sistema lógico de control automático supervisa todos los parámetros físicos, funciones, eventos y posibles fallas

del proceso y del sistema. Un conjunto de sensores controla el movimiento, la posición y la seguridad operativa, proporcionando información en tiempo real sobre el estado del proceso.

A continuación, se indican las ventajas y desventajas de este equipo:

- Ventajas:
 - Menor contaminación del aire.
 - No requiere tratamiento de gases.
 - Esteriliza, pero no destruye.
 - Permite reciclaje de plásticos.
 - Ambientalmente más aceptable por la sociedad.
 - Costos operacionales moderados o bajos.
 - Costos de instalación reducido.
 - Flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales en la generación de residuos.
 - Fabricación y soporte nacional
- Desventajas:
 - Requiere caldera.
 - No reduce mucho volumen (aproximadamente un 40% del original).
 - No facilita la separación de los residuos para su reciclaje.
 - No hay recuperación de energía.

1.9.2.2 Horno de Incineración Pirolítica

La pirólisis es un proceso termoquímico que se utiliza para descomponer los materiales orgánicos a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. El horno pirolítico utiliza este método para incinerar los RR.PP. y reducirlos a ceniza.

El horno se compone de dos cámaras: una Cámara Primaria (pirólisis) o gasificador horizontal y una Cámara Secundaria o Primer Post-Combustor horizontal. Estas cámaras pasan por tres etapas definidas:

- a) Destilación y secado de los residuos.
- b) Incineración controlada de los residuos propiamente dichos.
- c) Reducción de los residuos a cenizas y purificación de estas.

Los residuos se introducen en la Cámara Primaria de forma automática a través de un cargador accionado hidráulicamente. El cargador automático de la cámara primaria es esencial para mantener el horno hermético, asegurando que el equilibrio de presiones y velocidades se mantengan estables, solo interrumpiéndose cuando se abre la puerta vertical del cargador, un proceso que dura unos pocos segundos.

En la Cámara Primaria, los residuos se someten a la acción de dos quemadores que, debido a la temperatura y al oxígeno presente, desencadenan una descomposición termoquímica que gasifica los desechos, convirtiéndolos en material fácilmente combustible. A partir de este punto, la combustión y gasificación de los residuos se desarrolla de manera lenta y controlada, alcanzando temperaturas entre 800°C y 850°C. Estos quemadores se encienden y apagan automáticamente para mantener esta gama de temperatura. En caso de que la temperatura supere los 900°C, un sistema de atemperamiento por agua se inyecta automáticamente.

En la Cámara Secundaria o post-combustión, dos quemadores de funcionamiento continuo completan la combustión de los gases volátiles, asegurando que los gases liberados sean limpios y sin olores.

La Cámara Secundaria debe cumplir con las tres "T" de los diseños de última generación: Temperatura, Tiempo de residencia de los gases en el post-combustor y

Turbulencia. Los dos quemadores en la Cámara Secundaria deben garantizar la temperatura, operando a diferentes regímenes según la etapa del ciclo.

El tiempo de residencia mínimo de 2 segundos se asegura mediante el volumen de la Cámara Secundaria, calculado según las especificaciones de la British Standard. La turbulencia se logra mediante la introducción controlada de aire a alta velocidad a través de toberas estratégicamente ubicadas, lo que garantiza un flujo altamente turbulento.

El equipo está equipado con un sistema de seguridad por enclavamiento ajustado a la normativa vigente, que actúa en caso de falta de llama, falla de alta o baja presión de combustible, falta de aire de combustión, pre-barrido con aire en ambas cámaras de combustión antes del encendido del quemador, doble válvula de apertura y cierre de la alimentación de gas, rotura de termocupla y sobre elevación de temperatura.

En la estación de comando y maniobra centralizada, se encuentra un panel de control que informa al operador sobre las etapas que se están llevando a cabo mediante luces LED. Cualquier falla se detecta y se informa al operador a través de señales luminosas en el panel, lo que permite una rápida identificación y resolución de los problemas. También se incorporarán alarmas visuales como complemento del sistema de seguridad en la estación de comando.

- Ventajas:
 - Más robusto.
 - Reduce en gran porcentaje el volumen de los residuos.
 - Se pueden tratar residuos anato-patogénicos y todos los tipos de residuos menos los plásticos.
 - Fabricación y soporte nacional.

- Desventajas:
 - Mayor contaminación del aire.
 - Necesidad de un sistema de tratamiento de gases.
 - Solo es posible reciclar los elementos metálicos.
 - Generación de cenizas.
 - Presuntamente costoso, ocupa gran volumen.
 - Poca capacidad de tratamiento por costo del equipo.
 - No es muy adaptable a los cambios en cantidad de residuos tratados.

1.9.2.3 Otros sistemas

Existen otros métodos de tratamiento de residuos patológicos, que pueden funcionar para estabilizarlos y esterilizarlos. Ejemplo de esto es el sistema desinfección por microondas o por rayos UV.

Sin embargo, estos métodos de tratamiento resultan mucho más complejos en los equipos involucrados, además de no existir fabricante en el país. Esto provoca que haya que importar el equipo, lo cual resulta difícil en la situación económica actual. También, al no existir representación local de algún fabricante, la disponibilidad de repuestos queda supeditada a la política económica del momento, pudiendo llegar a estar fuera de operación un tiempo considerable.

Por todos estos motivos, se descartan otros tipos de tratamiento de residuos para este proyecto..

1.9.3 Disposición Final

Para esta parte del manejo de RR.PP. existen varias opciones dependiendo de quién financie el proyecto y su operación. Pasamos a detallarlas a continuación:

1.9.3.1 Disposición Final sobre Celdas de Seguridad

Realizar la planta y en el mismo terreno un relleno sanitario con distintas celdas de seguridad de grandes dimensiones, para contener todos los residuos ya tratados y triturados. Estas celdas deben tener pendiente en ambas direcciones, para facilitar el drenaje de los líquidos que puedan generarse.

Cada celda debe garantizar la impermeabilidad del suelo para que no se filtren lixiviados a las aguas subterráneas. Para eso, su construcción cuenta con las siguientes características:

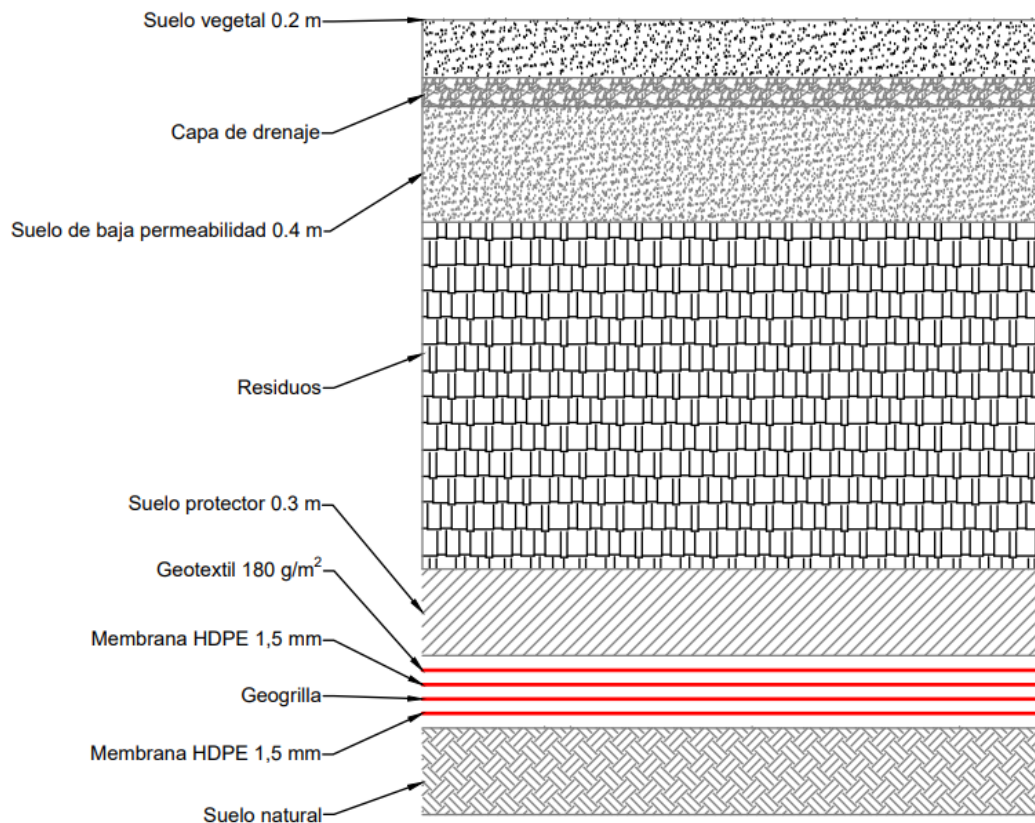


Imagen 17 Impermeabilización de Celda de Seguridad - Proyecto La Pampa

La impermeabilización del suelo se logra mediante el uso de geomembranas y variedad de suelos como se muestran en la imagen. La base de la celda se termina con

la colocación de 0,30 m de suelo protector y capaz de soportar el tránsito de maquinaria la disposición de los residuos compactados.

Estas celdas cuentan con una red de lixiviados, que captan los fluidos que se podrían generar en la disposición final a través de caños de PVC ranurados en el lateral más profundo de cada celda. Estos caños convergen en una cámara de registro donde se puede inspeccionar la existencia de lixiviados. De esta cámara de inspección se derivan a la estación de bombeo mediante gravedad. Aquí, estos son bombeados automáticamente hasta la pileta de lixiviados para su evaporación o hasta la planta de tratamiento de efluentes, para ser desechados por vía cloacal post tratamiento.

Es la opción más convencional en este tipo de plantas ubicadas en el país ya que en el mismo predio se reciben, tratan y se realiza la disposición final de los RR.PP. en celdas de seguridad específica para contener estos residuos.

Es también la opción logísticamente más sencilla, toda operación se produce dentro del área perteneciente a la planta.

Como desventajas se tiene en primer lugar la inversión inicial. Realizar un relleno de seguridad de grandes dimensiones es muy costoso, ya que un tercio de la inversión total es destinado para su construcción. Esto podría llevar a la inviabilidad del proyecto.

Además, una vez llena la celda de seguridad, debe estar construida y habilitada otra para seguir disponiendo los residuos tratados. Entonces, se requiere reinvertir cada cierta cantidad de años, en la construcción de otra celda de seguridad mientras la planta siga operativa.

Otra desventaja respecto a su ubicación y terreno donde se construya. Este territorio provincial tiene la característica de tener las napas de agua subterránea muy

cerca de la superficie, lo cual resulta inconveniente en este caso para asegurar la impermeabilidad de la celda y evitar la contaminación.

Desde la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Entre Ríos se ha informado que este último punto es crucial y ha sido el motivo del descarte de varios proyectos similares en la zona.

1.9.3.2 Disposición Final junto con Residuos Urbanos. Administración Pública - Municipalidad

Tomando de inversor a la municipalidad de la ciudad de Paraná, esta resulta también quien opere la planta.

Los residuos una vez tratados son llevados al volcadero o basural a cielo abierto municipal (u otra área designada por el municipio) donde se acopian en una zona particular separados de los residuos urbanos.

Esto reduce significativamente la inversión inicial del proyecto, haciéndolo mucho más rentable, y sin reducir su capacidad de tratamiento.

La superficie necesaria para ubicar la planta también se reduce enormemente.

Sin embargo, hoy en día no existe posibilidad de designar una zona única para la disposición final de estos residuos. Es decir, si se toma esta opción el día de hoy, los RR.PP. ya tratados se acopiarían junto con los residuos urbanos en el basural a cielo abierto.

Además, surge la problemática de depender de la gestión municipal de recolección de residuos. Ante paros o averías de sus unidades, quedamos sin posibilidad de realizar al disposición final de los residuos tratados.

Se puede contemplar un lugar de depósito por poco tiempo si no es posible la retirada de los residuos por parte de la municipalidad, como puede ser un sector del terreno.

1.9.3.3 Disposición Final sobre Suelo de Baja Permeabilidad

Con el fin casi de reducir costos de inversión, se puede instalar la planta en el parque industrial y buscar un terreno de baja permeabilidad lo más cercano a la planta posible, en el que realizar la excavación y allí la disposición final de los residuos.

Al ser un suelo de baja permeabilidad, no hace falta realizar la obra civil que conlleva el tipo de relleno de seguridad, ya que el terreno naturalmente puede contener los residuos sin “filtrar” hacia las aguas subterráneas.

Investigando sobre la permeabilidad del suelo, existen estudios que indican una permeabilidad baja para distintas zonas de Entre Ríos, siendo K_{fs} la conductividad hidráulica saturada, los valores encontrados de la misma son:

- Entre 2 y 10 mm/día (Pablo G. FONTANINI, Jorge A. CERANA, Oscar DUARTE, 2003)
- Entre 2,2 y 15,8 mm/día (E. Díaz, O. Duarte, J. Cerana y P. Fontanini, 2018)
- Entre 1,6 y 9,5 mm/día a profundidad de 20-30 cm. (Benavidez, R.; Fontanini, P.; Cerana, J.; Duarte, O.; Rivarola, S.; Diaz, 2002)

La ley exige una permeabilidad muy baja, con una K_{fs} menor o igual a $10^{-7} \frac{cm}{s} = 0,086 \frac{mm}{día}$

Esto indicaría que los suelos en la provincia, por más que tengan una permeabilidad baja, no llegan a los niveles requeridos por la ley provincial. Cabe

aclarar que estos estudios fueron realizados en diversos suelos de Entre Ríos y especialmente en la costa del río Uruguay, sin incluir precisamente Paraná y mucho menos el predio planteado para este proyecto.

Independientemente de la opción que se elija, en caso de realizar la disposición final en el predio, es necesario adquirir tanto una retroexcavadora como un camión con batea volcadora para el manejo de los residuos tratados y su compactación.

Al igual que en la primera opción, este tipo de disposición se ve muy comprometida por las características de los suelos entrerrianos, y su dificultad en asegurar la impermeabilidad.

1.9.3.4 Disposición Final Tercerizada, en Rellenos de Seguridad externos

Al existir tantas dificultades tanto constructivas como de inversión para lograr la disposición final dentro del predio, las pocas plantas de tratamiento de RR.PP. de la zona litoral deciden enviar los residuos tratados a empresas especializadas en este rubro particular.

Este tipo de empresas, dedicadas a la disposición final de residuos, trabajan en conjunto con otras que se encargan de la recolección de los residuos de la planta, su transporte para finalmente realizar disposición final emitiendo un certificado que garantiza su correcto almacenaje, cuidando y reduciendo el impacto ambiental y garantizando el cumplimiento de las normativas tanto provinciales como nacionales.

Tal es el caso de la empresa estatal CAEMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado) creada por los estados de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para realizar la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y asimilables a estos (como es el de Este caso posterior a su tratamiento).

Cabe destacar que, si bien no se realiza la disposición final en el mismo predio, si es necesario tener una zona de almacenaje intermedio, donde queden los residuos tratados al resguardo de los elementos, mientras están a la espera del transporte a CEAMSE.

También se debe considerar, si se toma esta opción, la adquisición de una enfardadora posterior al tratamiento para compactar todavía más a los residuos y disminuir el costo de su transporte por kilo de producto.

La ventaja principal de esta alternativa es que reduce en gran medida los costos de inversión iniciales, así como el tamaño del predio necesario para la instalación de la planta. Además, no es necesario adquirir maquinarias como retroexcavadoras y camiones con bateas volcadoras.

La desventaja está en su mayor complejidad logística, ya que se pasa a depender de una empresa transportista para la recolección de los residuos tratados.

Estos residuos, al estar enfardados, pueden ser acumulados sobre pallets para una mejor manipulación y carga sobre los acoplados de los camiones. Esto también significa que debe haber en la planta un lugar destinado para el acopio temporal de estos pallets con fardos de residuos tratados en la espera a ser transportados hasta el CEAMSE.

1.10 Propuesta

En este apartado se hace la explicación sobre el manejo de los residuos para este proyecto desde su recolección hasta su disposición final, mostrando cada etapa del proceso que estos atraviesan, junto con una descripción de la planta, su ubicación y los distintos elementos que la componen.

1.10.1 Alcance del proyecto

Se realiza el diseño de una planta de tratamiento de residuos patológicos, dimensionada para tratar la cantidad generada en la ciudad de Paraná y otras dentro de un radio de 100 kilómetros alrededor de la capital entrerriana. Se proyecta una vida útil de la planta de 30 años, por lo que se “sobredimensiona” la planta para la población que habría en ese entonces según la tasa de crecimiento demográfico de INDEC.

La planta podrá tratar todo residuo generado dentro de la provincia de Entre Ríos, incluso fuera de este radio de 100 kilómetros. No podrá tratar residuo generado fuera de los límites provinciales.

La disposición final se realizará en las instalaciones de CEAMSE, habiendo un lugar de acopio temporal de los residuos tratados a la espera de ser transportados por una empresa transportista dedicada a este rubro y habilitada por la institución de disposición final.

Se dimensionarán todas las máquinas que conforman el tratamiento, tanto principales como auxiliares necesarias para el funcionamiento óptimo de la planta. Se diseñarán y calcularán todas las instalaciones de los servicios que estén dentro de las competencias (energía eléctrica, agua corriente, vapor y aire comprimido) incluyendo el cómputo de materiales y planos. Se crearán también los planos de diseño de planta (layout) y flujo de procesos. Además, se seleccionarán los distintos vehículos con sus características particulares el transporte de los residuos de su generador.

1.10.2 Ubicación de la planta

Tras la primera reunión con el director de acción climática de la Municipalidad de Paraná, el ingeniero Shai Bejar, se mostró el especial interés de la municipalidad en construir una planta de RR.PP. para la ciudad. Lo que se indicó con certeza es que, si

equipamiento (EUE). Si se dirige al mapa de los distritos, se observa que esta área rodea a la que corresponde al área extraurbana parque industrial (EUPI).

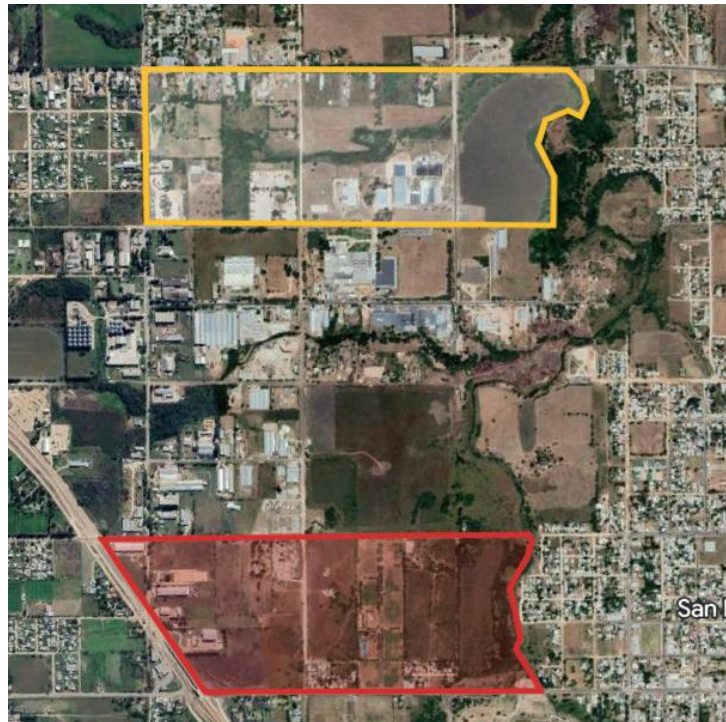


Imagen 21 EUE Norte y EUE Sur

Entonces es posible ubicar la planta en las cercanías del parque industrial, con permiso explícito de la municipalidad. Cabe aclarar que la ubicación exacta de la planta no se nos fue dada, sino una aproximación de la zona de su ubicación. Esto permite ya desarrollar con mayor precisión las siguientes partes del proyecto.

1.10.3 Equipos

Tomando de base los requisitos que impone la ley provincial, se enlista a continuación los equipos que se requieren en la planta.

- Planta de tratamiento, equipos principales:
 - Horno pirolítico
 - Autoclave

- Caldera
- Cámara frigorífica
- Planta de tratamiento, equipos auxiliares:
 - Volcadora de carros
 - Enfardadora
 - Aparejo/elevador de fardos
 - Autoelevador
 - Compresor de aire
 - Sistema de tratamiento de agua
 - Grupo – Generador eléctrico
 - Limpiador de contenedores
 - Sistema de tratamiento de efluentes
 - Ventilación o extracción de aire
- Transporte:
 - Camión liviano / Vehículo comercial ligero con caja
 - Camioneta con chasis y caja especial
 - Balanza de peso
 - Contenedores plásticos

1.10.4 Manejo de los residuos

El manejo de los residuos pensado para este proyecto puede explicarse a partir del siguiente diagrama de flujo:

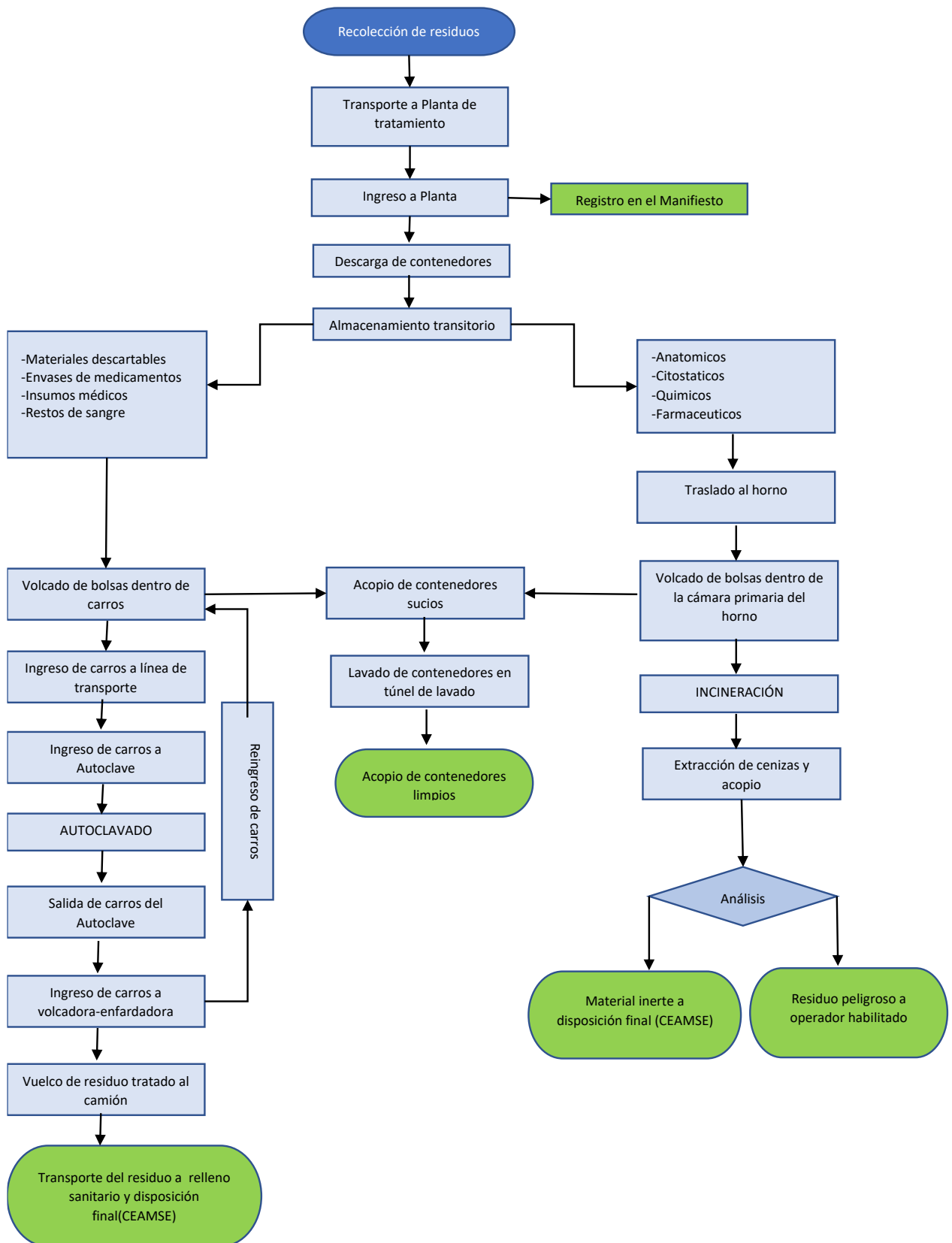


Imagen 22 Diagrama de flujo del manejo de RR.PP.

Inicialmente se realizará la recolección de los RR.PP. provenientes de los distintos generadores. Dependiendo de la cantidad de residuos y el largo del recorrido a realizar por los vehículos de transporte, se destinarán camiones o camionetas para esta tarea.

Los vehículos de transporte cuentan en su interior con contenedores plásticos apilables de 180 litros diseñados para residuos patogénicos.



Imagen 23 Contenedor plástico de 180 Lts

Al llegar a la ubicación del generador, los operarios con sus correspondientes elementos de protección personal descargan los contenedores necesarios del vehículo y los cargan cuidadosamente con las bolsas de residuos. Dichos contenedores cargados se pesan en una balanza y se deja expreso en el manifiesto el kilaje de residuos. Luego se vuelven a subir los contenedores ya cargados al vehículo y se continúa la ruta de recolección para terminar la misma en la planta de tratamiento.

Una vez que arriban los vehículos de transporte a la planta, se retiran los contenedores de los vehículos y se vuelven a constatar los datos de los residuos recolectados plasmados en el manifiesto, para dejar constancia de que la cantidad de residuos que se recolectó es la misma que llega a la planta.

Se procede entonces a almacenar dichos contenedores según el tipo de residuo que contienen, expresado previamente por el generador, ya que esto determina el tipo de tratamiento que requiere el residuo. Los contenedores llenos se almacenan de forma transitoria en la cámara frigorífica o en planta si son próximos a ser tratados.

En este punto se hace distinción de los residuos a ser tratados por autoclave y los que requieren tratarse en el horno de incineración. Los primeros (como pueden ser materiales descartables, insumos, envases, etc.) son residuos que luego de ser esterilizados ya no presentan riesgo alguno, por lo que no requieren ser incinerados. Entonces se vuelcan estas bolsas de los contenedores dentro de los carros de carga de acero inoxidable.



Imagen 24 Carros de carga

Estos carros son ingresados a la línea de transporte, la cual es un “circuito” compuesto por rieles y estaciones giratorias, por la que se trasladan, de a cuatro carros por vez, hacia el autoclave. Una vez dentro de este, se realiza un ciclo de autoclavado de aproximadamente 45 minutos. Terminado el ciclo se espera a que los carros se

enfríen y se retiran del autoclave. Se llevan de manera manual por la vía de transporte hacia una maquina volcadora de carros, la cual vuelca el contenido de estos en una tolva.



Imagen 25 Volcadora de carros

La tolva dirige los residuos volcados a la cámara de compactación de la enfundadora. Esto permite reducir su volumen considerablemente, además de darles un formato de facil manipulación para la carga en los camiones para llevarlos a su disposición final.



Imagen 26 Compactadora - Enfardadora Abecom

Realizados los fardos por la compactadora, se transportan hasta la zona de acopio transitorio a través de un sistema “aparejo – pinza” que permite elevarlo del suelo para su fácil manipulación y paletizado. Se paletizan los fardos para poder almacenarlos dentro de las instalaciones, o se introducen directamente en el interior de las cajas “Roll Off” dejadas por la empresa transportista para su retiro

Una vez llena la caja Roll Off del camión, esta es buscada por la empresa transportista habilitada contratada para su disposición final, que lleva los residuos hasta las instalaciones del CEAMSE. Tanto la empresa transportista como el CEAMSE realizan un informe aclarando la correcta disposición final del residuo, así como los resultados de las pruebas previas a esta operación que se le puedan realizar a los productos.

Para el segundo grupo de residuos, corresponde la incineración mediante el horno pirolítico, ya que son aquellos que son potencialmente peligrosos luego de una

esterilización por autoclave o que por razones éticas requieren ser totalmente eliminados.

Una vez se llega al horno, se vuelca el contenido de estos contenedores dentro de la tolva de carga del horno de incineración. Este cuenta con la entrada automática de los residuos.

Los contenedores vacíos, previamente utilizados para contener los residuos de ambos grupos, son recogidos y llevados a la lavadora de contenedores donde son propiamente higienizados y dispuestos en un depósito, para luego ser reutilizados.

Con los residuos ya dentro del cargador del horno, se realiza la incineración de estos.

Una vez completada la incineración, se retiran las cenizas y se acumulan en bolsas específicas para poder acopiarlas y ser transportadas por el camión hasta el CEAMSE.

Se toman muestras periódicas de estas cenizas para ser analizadas, con el fin de determinar su peligrosidad. En caso de determinarse que sigue siendo un residuo peligroso, se envían a un operador habilitado de estos, aunque resulta improbable por las temperaturas en las que trabaja el horno.

1.11 Instalaciones y Layout

Para el diseño de la planta y la elección de su distribución se utilizar el método SLP (Systematic Layout Planning) de Richard Muther.

1.11.1 Paso 1: Análisis producto-cantidad

Ya que en este proyecto no se realiza la elaboración de un producto, sino que está tratando un residuo, se toma para este paso los residuos tratados por el autoclave y los residuos tratados por el horno de incineración, donde previamente se estimó que el 80% de los residuos recolectados son tratados con el autoclave y el 20% restante con el horno.

1.11.2 Paso 2: Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)

En este punto se utiliza como referencia el diagrama de flujo en el apartado 1.10.4 Manejo de residuos.

1.11.3 Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades

Se realiza una tabla de doble entrada donde se indican las diferentes actividades dentro de la planta y se indica la intensidad de la relación entre dichas actividades considerando el flujo de materiales, exigencias constructivas, de higiene y seguridad, servicios, abastecimiento de energía, etc.

Las distintas necesidades de proximidad entre cada actividad son representadas con las siguientes letras:

1.11.4 Paso 4: Desarrollo del diagrama de relaciones de las actividades

Este diagrama busca dar un orden topológico de las actividades conociendo las relaciones entre ellas. El mismo se va ajustando de manera que se minimice el número de cruces entre las líneas, las cuales representan las relaciones entre actividades con el objetivo de disminuir la distancia entre estas, priorizando las interacciones de mayor importancia.

En este caso se tiene un cruce entre el traslado de contenedores desde el horno al área de limpieza de estos, y entre el recorrido de los contenedores provenientes de la cámara frigorífica hacia los rieles del autoclave, pero se considera que no es de gran relevancia ya que estas tareas son de corta duración y se realizan una vez cada ciclo de tratamiento, los cuales duran cerca de 40 minutos siendo este un lapso lo bastante largo para evitar interferencias entre tareas. En segundo lugar, se tiene un cruce entre el Autoclave y la sala de compresores con los rieles y la volcadora, pero este no afecta en nada ya que en la realidad la distribución de aire desde la sala de calderas al autoclave no tiene interacción alguna con el flujo de trabajo entre los rieles y la volcadora. Por último, el horno pirolítico y el pañol se cruza con varios elementos, pero no es de gran importancia ya que solo se recurriría al pañol a buscar algún repuesto o herramienta para el horno y esto no afecta o interrumpe al resto de las actividades.

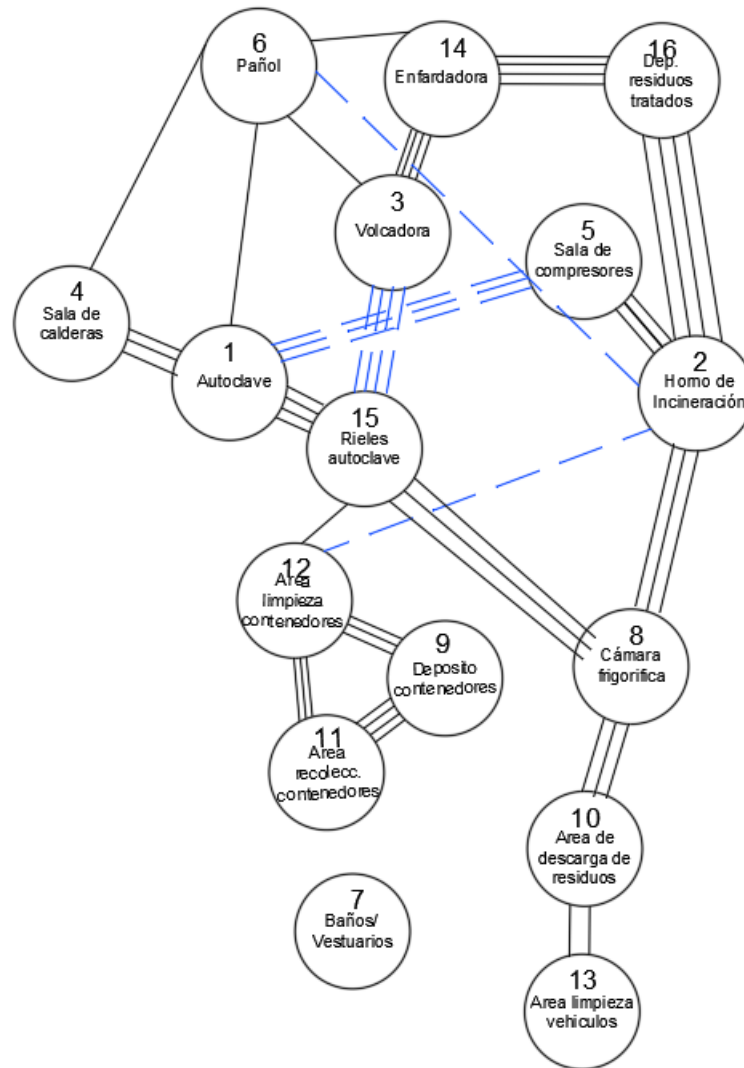


Imagen 27 Diagrama de relaciones de actividades

1.11.5 Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

En esta instancia se busca dar una superficie y forma a cada una de las tareas para lograr obtener una distribución más acertada de la planta. Cabe aclarar que no existe una distribución “ideal” para el desempeño de la planta, sino que por iteración se van optimizando los espacios y distancias entre actividades de la misma.

Las dimensiones más relevantes que disponemos para esta etapa son las de la autoclave, el horno pirolítico, la cámara frigorífica, volcadora, enfardadora y los

vehículos. Además, se utiliza como referencia las medidas de los planos del proyecto realizado en la Pampa (Euskal S.A., 2017).

1.11.6 Paso 6: Desarrollo del diagrama relacional de espacios

Este diagrama es similar al del paso 4 pero se incorporan las dimensiones planteadas en el paso 5, por lo que cada actividad es representada en escala para obtener así las proporciones necesarias de la planta para el desarrollo normal de las actividades.

Luego de probar distintas alternativas llegamos al siguiente diagrama:

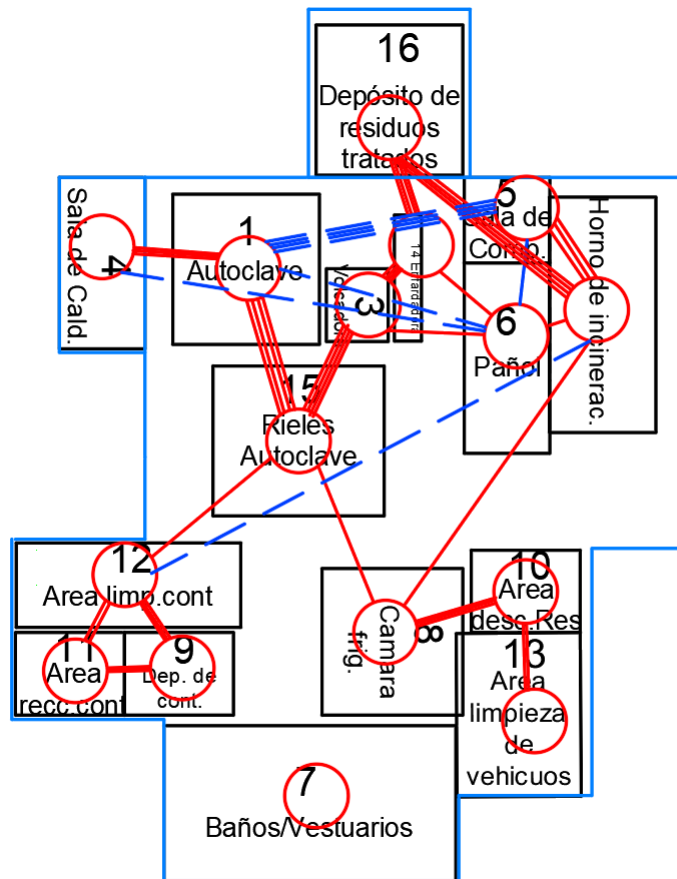


Imagen 28 Diagrama relacional de espacios

Se puede observar entonces que se mantiene el cruce entre el horno y el área de limpieza de contenedores como así también el cruce del autoclave y la sala de calderas

que como ya mencionamos no generan ningún impedimento para el funcionamiento de las otras actividades. Ahora el pañol tiene una ubicación central que, si bien se ven tres cruces, esto no tiene ninguna repercusión ya que los operarios pueden moverse libremente sin interrumpir ninguna tarea que corresponda al tratamiento de los residuos y es incluso beneficioso otorgarle esta posición ya se encuentra a una distancia similar para todos los equipos.

1.11.7 Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución

Se considera este paso ya incluido en el paso anterior, debido a que evaluamos diferentes alternativas hasta obtener la planteada en el punto 6, por lo que se elige continuar con dicha distribución para realizar una elaboración más detallada del layout de la planta

A continuación, se presenta el Layout de la planta completa, tanto del área de tratamiento (Planta baja) como del área de oficinas (Planta alta):

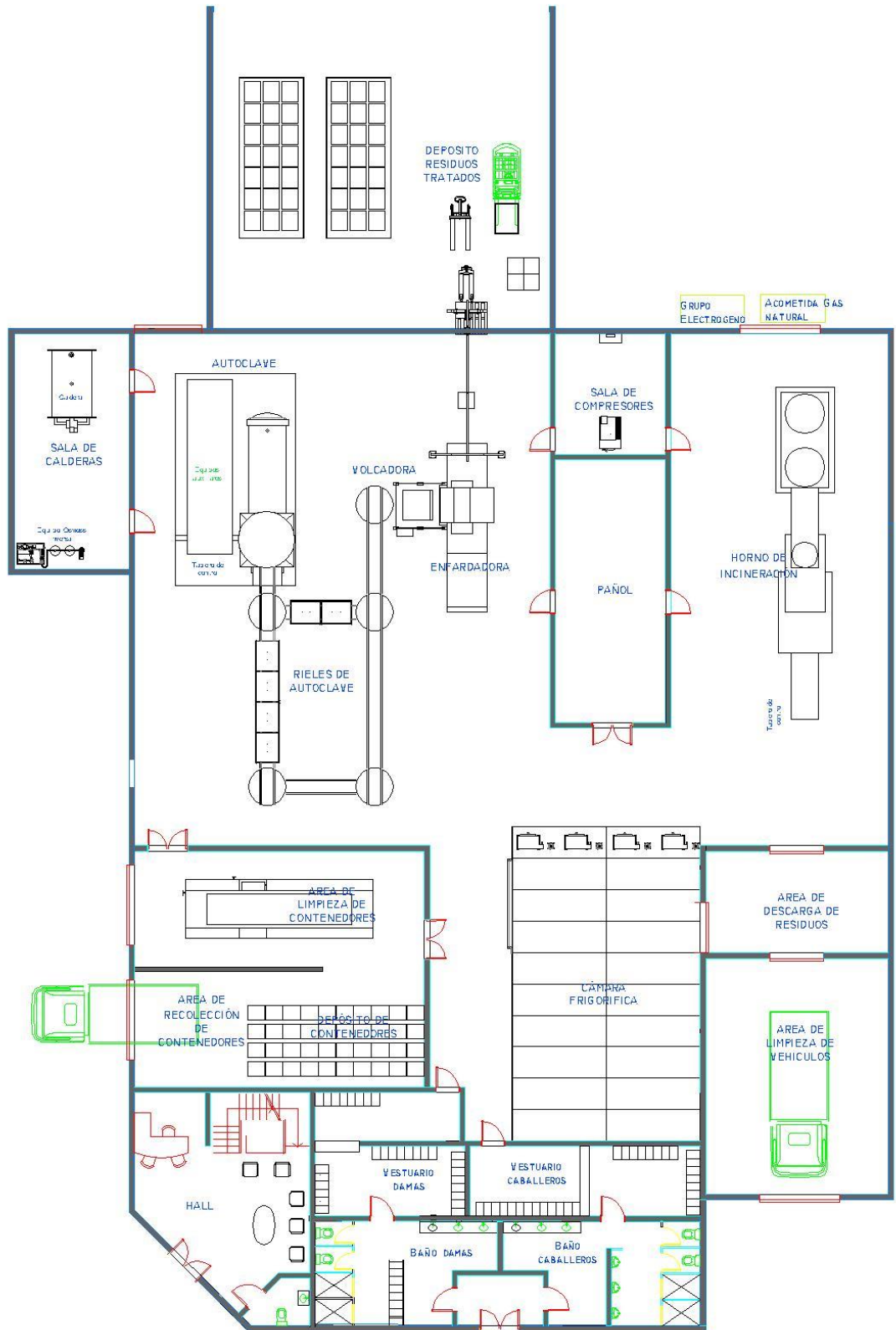




Imagen 29 Layout área de tratamiento

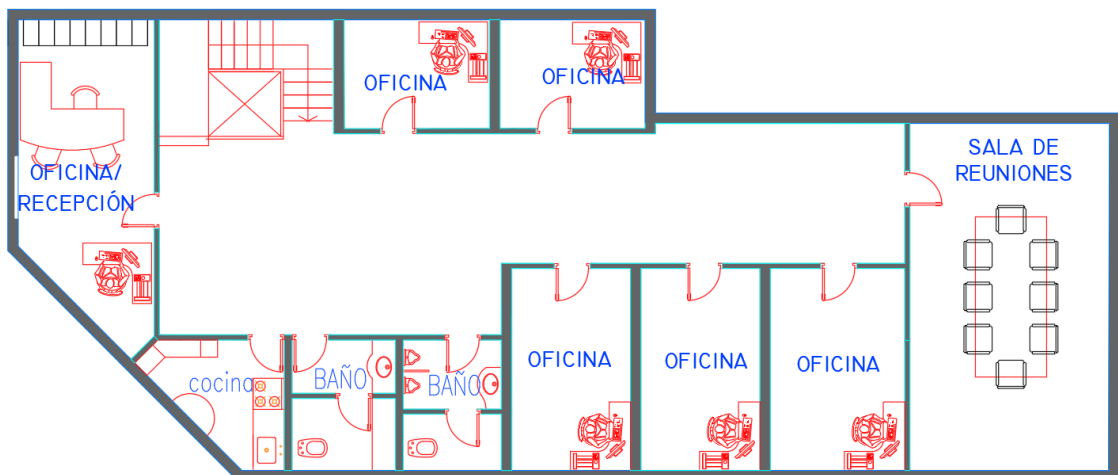


Imagen 30 Layout planta alta

2 INGENIERÍA DE DETALLE

2.1 Estimación del volumen de tratamiento

Para determinar las dimensiones de las instalaciones y los equipos a instalar es necesario estimar la capacidad de tratamiento que será capaz de tratar la planta.

Existe un estándar internacional, que considera la cantidad de RR.PP. que genera cada paciente por día en un hospital con 100 camas. Este varía entre 1,5 y 3 kg (International Committee of the Red Cross, 2011). Sin embargo, resulta un valor impreciso ya que no contempla farmacias, veterinarias, o centro de salud más pequeños. Se decide entonces, calcular la cantidad generada en la zona de incumbencia tomando de referencia a la población total.

Según los datos declarados por la Municipalidad de Paraná para el proyecto realizado por pasantes de la carrera de ingeniería química (Longoni Sebastián, Romero Alejo, 2022), durante el periodo enero de 2021 y enero de 2022 en la ciudad de Paraná se efectuó el tratamiento y recolección de residuos biopatogénicos de un total de 619 toneladas anuales, divididas en:

- Grandes generadores: 589 toneladas anuales.
- Pequeños generadores: 30 toneladas anuales

$$\frac{619000 \text{ kg}}{365 \text{ día}} \cong 1700 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Por lo tanto, se tiene una generación aproximada de **1700 kg** por día solo para la ciudad de Paraná.

Según el censo del 2010 (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Entre Ríos) en la ciudad de Paraná había una población de 247 863 habitantes.

Como al momento de realizar este proyecto no se publicaron los datos del censo de este año, se utiliza el ritmo de crecimiento anual medio intercensal 2001-2010 (por mil habitantes) = 7,3 del censo anterior para afectar dicha población, con lo que se obtiene una población estimada al 2022 de **270.269 habitantes**.

$$247863 * \left(1 + \frac{7,3}{1000}\right)^{12} = 270469$$

Con este dato se obtiene un índice de generación para la ciudad de Paraná de:

$$\text{Indice de Gen. Paraná} = \frac{1700\text{kg/día}}{270469 \text{ habitante}} = 0,006285 * \frac{\text{kg}}{\text{día} * \text{habitante}}$$

Según el Artículo 33° (Decreto 6009/0: Reglamento de la ley provincial 8880 en lo relativo a residuos potencialmente biopatógenicos) la planta está obligada a tratar cualquier residuo patológico generado en un radio de 100 km dentro de la provincia de Entre Ríos. Ya que se establece que la planta se ubicará en las afueras de la ciudad de Paraná, esta zona abarca prácticamente la totalidad de los departamentos de Paraná y Diamante, gran parte del de Victoria y Nogoyá y una parte del departamento de La Paz. Por lo tanto, utilizando el cuadro de estimación poblacional para cada departamento para el año 2022 se puede plantear el total de la población considerada para el proyecto y el total de los kilogramos de residuos a tratar actualmente.

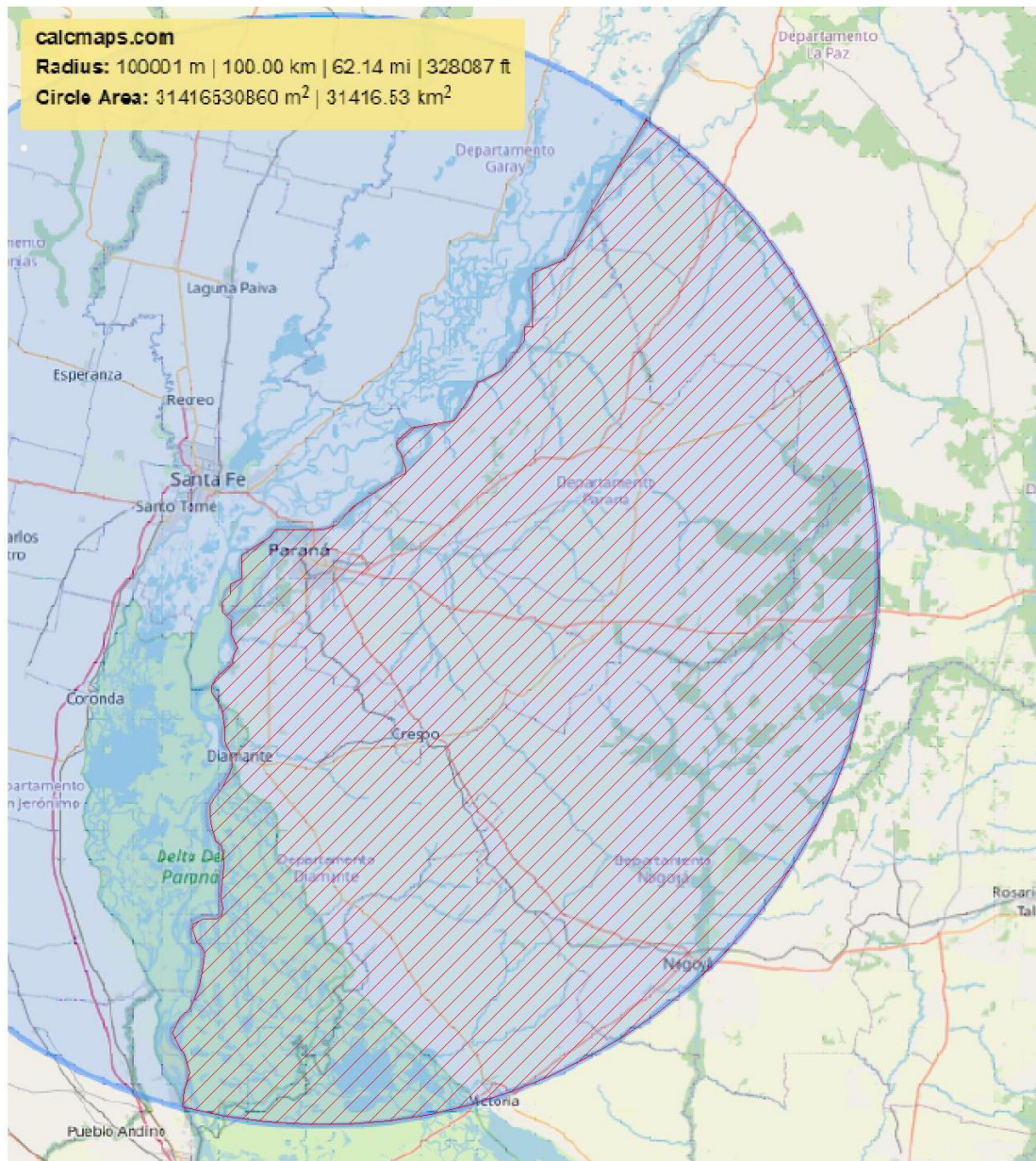


Imagen 31 Zona de Influencia

Departamento	Población (censo 2010)	Porcentaje para el estudio	Población (censo 2022)	Población tomada
Paraná	345428	100%	391962	391962
Diamante	47112	100%	54121	54121
Nogoya	38721	50%	42371	21185
Victoria	36347	50%	40777	20388
La Paz	68082	20%	74872	14974

Tabla 3 Población estimada

Total Población	502631
Índice de generación (kg/día.persona)	0,006285
kg/día	3159

Tabla 4 Población total

Como este proyecto se plantea para una vida útil de 30 años, utilizando el mismo ritmo de crecimiento anterior, se calcula la población objetivo para el año 2052:

$$\begin{aligned} \text{Población Objetivo año 2052} &= 502631 \times (1 + 0,0073)^{30} \\ &= \mathbf{625194 \text{ habitantes}} \end{aligned}$$

Utilizando el mismo índice de generación de kg de RR.PP. por día por persona de 0,006285 se obtiene la cantidad de kilogramos de RR.PP. por día se estima para este proyecto:

$$\text{Kilogramos de RP por día} = 625194 \times 0,006285 = \mathbf{3930 \text{ kg/día}}$$

Planteando un turno de trabajo de 8 horas y otro medio turno de 4 por día, seis días a la semana (lunes a sábado), la cantidad a tratar será de:

$$3930 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times \frac{7 \text{ días}}{6 \text{ días laborables}} = 4584,5 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\frac{4584,5 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = \mathbf{382 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}$$

Este dato indica las capacidades de los equipos a seleccionar.

2.2 Estimación de la densidad de residuos

Estimar la densidad promedio de los residuos resulta un valor fundamental para el dimensionamiento de los equipos, ya que estos operan con bolsas de distintos tamaños

y distintas capacidades o volumen utilizado. Esto depende del generador y de la forma en que utilicen los insumos provistos por la empresa.

En el mercado se puede encontrar bolsas desde 12 litros hasta 120 litros de capacidad, y los generadores tienden a adquirir los tamaños que más les convenga por precio. El que haya tanta variedad en tamaños dificulta el cálculo de un valor único de densidad de RR.PP.

Según el proyecto similar de la provincia de La Pampa (Euskal S.A., 2017) se tomaron medidas en varios hospitales, centros de salud y clínicas de la provincia, llegando a un promedio ponderado de $77,3 \frac{kg}{m^3}$.

Otro proyecto estima un valor entre 0,14 y 0,28 kg/l (UTN Facultad Regional San Rafael , 2013).

Desde el Hospital Materno Infantil San Roque se informa que compran bolsas de 45cm x 80cm, sin embargo, no nos han podido determinar el peso de cada bolsa llena ya que este valor no es tomado por la institución. Si indicaron que todos los días se generan alrededor de 400kg de RR.PP. y que suelen ser al menos 50 bolsas. Como no se nos indicó un valor certero, decidimos tomar un 20% más de la cantidad de bolsas.

En cambio, desde el Hospital de la Baxada se indica que utilizan bolsa de 120cm x 90cm. Lamentablemente, no han podido determinar un peso promedio ya que depende de cada zona del hospital, la generación en cantidad y el tipo.

Como resumen de los datos relevados, se muestra la siguiente tabla con los valores de densidad calculados:

	Hospital San Roque	Hospital de la Baxada
Alto[m]	0,80	1,20
Diámetro[m]	0,45	0,90
pi	3,14	3,14
Porcentaje de llenado	66%	66%
Volumen [m3]	0,084	0,504
Cantidad de residuos por día [kg]	400	100
Cantidad de bolsas	60	4
Peso [kg]	6,67	25,00
Densidad [kg/m3]	79,39	49,62

Tabla 5 Datos relevados de Hospitales sobre Bolsas de RR.PP.

Se puede observar que los valores varían en gran medida, por lo que decidimos estimar el valor de la densidad de residuos en un promedio: $77,3 \frac{kg}{m^3}$ tomando como referencia los tres casos anteriores. Este corresponde al valor calculado en el proyecto de La Pampa, que realizaron un relevamiento más extenso y general al que se puede realizar nosotros.

Se puede acotar, además, que este relevamiento realizado en el Hospital Materno Infantil San Roque se aproxima mucho al valor obtenido en el proyecto de referencia.

2.3 Dimensionamiento de equipos de tratamiento

En este capítulo se dimensionarán todos aquellos equipos de la planta que deben ser provistos por terceros, adecuados para los volúmenes de residuos a tratar. Estos equipos son:

Equipos principales:

- Autoclave
- Horno pirolítico

El resto de los equipos necesarios para el funcionamiento de la planta serán calculados, dimensionados y seleccionados en los siguientes capítulos de acuerdo a la instalación a la que pertenezcan.

Según el asesoramiento dado por la empresa Incol S.A., dedicada a la fabricación de equipos para el tratamiento de residuos patológicos e industriales, en la gran mayoría de las plantas de este tipo, se dedica entre el 80 y 90% de los residuos a ser tratados por el Autoclave, dejando entre un 10 y 20% de residuos a ser tratados por el Horno Pirolítico. Este último porcentaje menor de residuos se debe a los llamados residuos “anato-patológicos”, los cuales por ley deben ser tratados por este tipo de equipos (destrucción térmica).

Observando otros proyectos similares, del mismo tipo que este (UTN Facultad Regional San Rafael , 2013) los equipos utilizados son del mismo tipo que los antes mencionados (naturalmente para otros volúmenes de residuos), y el porcentaje del total de residuos a tratar por cada uno es similar: 90% Autoclave y 10% Horno Pirolítico.

El motivo principal por el que se elige esta proporción, independientemente del tipo y cantidad exacta que se genera, es el del costo. Según la encarga en ventas de Incol S.A.:

“Un equipo incinerador, para el volumen que ustedes necesitan (480 kg/hora) tendría un costo (junto con equipos auxiliares) cercano a USD\$1.000.000. Mientras que un equipo Autoclave junto con su Caldera, para este volumen, ronda los USD\$250.000.”

Es evidente que la parte económica juega un papel muy importante en este proyecto. Tal es así, que las principales desventajas del equipo de Autoclave quedan en un segundo plano cuando entra en juego la relación precio-capacidad.

Es por esto, y por la recomendación de Incol S.A., que decidimos adoptar para este proyecto una configuración de tratamiento de residuos de 80% Autoclave y 20% Horno Pirolítico. Usando la cantidad a tratar calculada anteriormente, los equipos deben ser seleccionados para los siguientes volúmenes:

$$\text{Autoclave: } 305,6 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

$$\text{Horno Pirolítico: } 76,4 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Con estos datos se consulta a distintos fabricantes para pedir un presupuesto preliminar de equipos de capacidad similar o inmediatamente superior, junto con los equipos auxiliares, para poder obtener un cálculo económico aproximado del proyecto.

Se seleccionan los siguientes equipos.

2.3.1 Autoclave

De acuerdo con la capacidad mínima del equipo previamente calculada, se selecciona el modelo SAU-480 de la marca INCOL S.A. que son fabricados bajo Licencia exclusiva de TECHTROL Inc. de Gran Bretaña, y cumplen con la Ley Nacional Argentina de Residuos Peligrosos N° 24.051, Ley de Residuos Patogénicos de la Pcia. de Bs. As. N° 11.347 - Dec. Reg. N° 450/94 y 403, así como la British Standard de Gran Bretaña y la E.P.A. de Estados Unidos.



Imagen 32 Autoclave SAU-480 INCOL S.A.

Esta gama de productos contiene las siguientes partes interconectadas que hacen a la funcionalidad del mismo:

- Cámara Cilíndrica del Equipo (Esterilizador Primario): Construida en acero al carbono calidad F26 Certificada en Origen, con procedimiento de soldadura según el Código ASME Sec. VIII (Recipientes a Presión), aislación térmica de 2 (dos) pulgadas de fibra de lana mineral de 120 kg/m³, cubierta exterior en acero inoxidable pulido
- Carros para carga de los residuos y para transporte (8 en total).
- Sistema de Mesa Elevadora de los Carros (Lift-Table): Sistema de Mesa Elevadora construida en acero al carbono calidad comercial, con accionamiento hidráulico
- Generador de Vapor (Provisto a parte y dimensionado en el capítulo de “Instalación de Vapor”).
- Sistema de Vacío.

- Esterilizador Secundario: esteriliza el aire contaminado que se extrae por vacío en el Cuerpo del Autoclave.
- Condensador y Conjunto de Válvulas para Accionamiento: Es un condensador de superficie de gran volumen preparado para condensar el vapor proveniente del Equipo.
- Estación de Comando y Control: Compuesto por un gabinete metálico de finas líneas exteriores, al cual se incorporan todos los instrumentos de control para la lectura aportada por el PLC, a saber: temperatura, presión, tiempo y ciclo de trabajo. También se provee Graficador Lineal de Temperatura - Tiempo para registro con soporte papel y demás elementos eléctricos necesarios para el correcto funcionamiento de la unidad, alarmas, botoneras, interruptores, etc.

2.3.2 Horno Pirolítico

Al igual que con el caso anterior, se selecciona el modelo PY-125 de la firma INCOL S.A. como horno pirolítico para este proyecto. El mismo es un horno incinerador de residuos, de combustión a gas natural y cuenta con los siguientes elementos:

- Cargador automático de residuos: compuesto por cargador de accionamiento neumático y puerta refractaria intermedia tipo guillotina con pórtico y guías de elevación. Dos cilindros neumáticos para empujador del cargador y accionamiento de puerta respectivamente. Válvulas y cañerías necesarias. La tolva receptora de residuos está provista de un pico inyector de agua, que impide la eventual ignición de la carga, lavando asimismo los posibles derrames de líquidos producidos en esa operación. Las características de diseño y constructivas de este cargador, asegura que

el operario no quede expuesto a la radiación térmica de la cámara de trabajo, como así también se asegura el continuo funcionamiento pirolítico del equipo, dada la hermeticidad permanente que posee, aún durante la operación de carga de los residuos.

- Sistema auxiliar de carga manual: compuesto por una puerta de carga circunscripta en la gran puerta de descenizado ubicada en el sector opuesto al cargador automático.
- Equipo de combustión: quemadores del tipo compactos, para gas natural, totalmente automáticos, con ventilador incorporado, bujía y transformador de encendido eléctrico, programador electrónico de combustión y detección electrónica de llama. Provisión de manifold de válvulas y filtros de gas según normas vigentes. Se provee un riguroso sistema de seguridad y prebarrido de gases para ambas cámaras, ajustados en un todo a las normas de seguridad vigentes. El quemador dispuesto en la cámara primaria estará especialmente ubicado, a los efectos de que la llama del mismo incida directamente sobre los residuos a incinerar. El equipo de combustión será comandado y programado por un P.L.C.
- Sistema de tratamiento y depuración de gases de nueve etapas.
- Sistema de monitoreo continuo de CO y O₂.

2.4 Lavadora de contenedores

Al contener, transportar y manipular los RR.PP. en los contenedores particulares previamente mostrados, se debe encontrar una solución práctica a la limpieza de estos, ya que no es posible almacenarlos ni transportarlos en un estado contaminado.

Tampoco es viable la limpieza manual de los contenedores ya que, si bien son de un tamaño manipulable por una persona, no son lo suficientemente reducidos en

volumen como para realizar esta tarea con facilidad. Además, la cantidad de contenedores a limpiar por día sería tal que un solo operario no podría llevarla a cabo.

Se contacta con la empresa SIMES S.A. dedicada a la atención y fabricación de equipos para procesos de la industria de alimentos, fármacos, cosmética y química. Ellos realizan máquinas a medida para cada necesidad del cliente, entre ellas está la gama de lavadora de recipientes, bandejas, canastos y moldes. Estas son máquinas de túnel para el lavado de recipientes en general, por medio de proyección directa del líquido lavador sobre los elementos a limpiar. Disponibles en una o varias etapas de lavados y enjuagues según las condiciones requeridas.

Teniendo las dimensiones de los contenedores a limpiar, así como el residuo que contienen (restos de sangre) y el elemento de limpieza (solución de hipoclorito de sodio, 60g/l diluido al 1%), se presupuesta el modelo LAV-GM3 con Sanitizado.



Imagen 33 Lavadora de contenedores SIMES S.A.

Esta lavadora, en formato de túnel de lavado, cuenta con varias etapas:

Lavado Previo:

- Longitud aproximada de 2 m.

- Bomba centrífuga de 10 HP, trabajando en recirculación.
- Filtro dual plano en la aspiración de la bomba y filtro de línea en la impulsión.
- Filtro de canasto para retención de trozos grandes y/o elementos extraños.
- Tiempo de residencia 7 segundos.
- Aproximado 50 picos de proyección de acero inoxidable AISI 304.
- Calentamiento Incluido.

Lavado:

- Longitud aproximada de 2 m.
- Misma bomba y filtros que la etapa anterior.
- Tiempo de residencia 7 segundo.
- Aproximado 45 picos de proyección de acero inoxidable AISI 304.
- No Incluye el dosificador del agente de limpieza.
- Calentamiento por vapor.

Enjuague:

- Longitud aproximada de 1,5 m.
- Bomba centrífuga de 7,5 HP, trabajando en recirculación.
- Filtro dual plano en la aspiración de la bomba y filtro de línea en la impulsión.
- Tiempo de residencia 5 segundos.
- Aproximado 35 picos de proyección de acero inoxidable AISI 304.
- Con cañería adicional que permita la renovación del agua de la cuba de enjuague.

Sanitizado:

- Longitud aproximada de 1,5 m.
- Toberas para aumentar la eficiencia de la proyección del aire.

El cuerpo de la máquina está construido totalmente en acero inoxidable AISIS 304, así como la cañería de las distintas etapas, que es desarmable para realizar mantenimiento y limpieza fácilmente.

Cuenta con un transportador compuesto por cadena de inoxidable AISI 304, accionada a través de un motorreductor corona sin fin de 1,5 HP, que transmiten el movimiento por cadena tipo galle al eje de tracción. El movimiento de la cadena se realiza a través de una corona de resina.

La misma cuenta con una capacidad de hasta 200 unidades por hora, este es el modelo más pequeño que fabrican. A continuación, se verifica si esta capacidad es suficiente para la planta.

Se considera la máxima cantidad de residuos que puede llegar a tratar la planta, calculado anteriormente proyectado a 30 años:

$$\text{Residuos por día} = 4584,5 \frac{kg}{\text{día}}$$

Los contenedores tienen un tamaño de:

- Alto $h = 725mm$
- Ancho $b = 545mm$
- Largo $a = 750mm$
- Volumen (capacidad) $V_{caja} = 180 L$
- Peso $W_{caja} = 7,5kg$

Si la densidad de residuos es $77,3 \frac{kg}{m^3}$ y el dato del volumen de los contenedores:

$$N^{\circ} \text{ contenedores} \times \text{día} = \frac{4584,5 \frac{kg}{\text{día}}}{77,3 \frac{kg}{m^3} \times 0,18 \frac{m^3}{\text{contenedores}}} = 330 \frac{\text{contenedores}}{\text{día}}$$

Esto quiere decir que, ante el peor escenario posible, la lavadora podría realizar la limpieza de todos los contenedores usados en un solo día en 2 horas de funcionamiento. Se puede decir entonces, que la máquina cotizada verifica para la instalación.

2.5 Compactadora - Enfardadora de residuos

Al tener que transportar los residuos tratados de la planta a las instalaciones del CEAMSE, es necesario encontrar una solución que permita su compactación a volúmenes reducidos, y darles un formato apto para el transporte de larga distancia, en acoplados de camión.

Desde la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Entre Ríos, se informó que se suelen usar enfardadoras para compactar y darle un formato apilable y manipulable a este tipo de residuos como a residuos sólidos urbanos. Con esta información, se contacta a la empresa ABECOM S.A. que se dedica a la fabricación de equipos para el manejo de residuos posterior al tratamiento.

Se selecciona el modelo EHA-RSU 6060



Imagen 34 Compactadora de residuos ABECOM EHA-RSU 6060

De la misma web del fabricante, se obtiene la siguiente tabla con las capacidades de este modelo:

Características		Modelo	
		EHA-RSU 6060	EHA-RSU 7575
Tamaño del paquete (ancho x profundidad x alto)	m.	0,60 x 0,60 x 0,75	0,75 x 0,75 x 0,90
Peso Fardo (según material)	Kg.	220-270	400-500
Producción estimada	Kg./hora	700 - 1.000	1.300 - 1.800
Potencia del motor	HP.	15	25

Tabla 6 Características Compactadora ABECOM EHA-RSU 6060

- Carga continua de residuos
- Extracción de líquidos en la compactación: derivar los líquidos exprimidos hacia el sistema de tratamiento
- Ciclo operativo automático, activándose cuando el nivel de material en la tolva llega al punto prefijado, y deteniéndose cuando no hay más material o se ha llegado al tamaño de fardo preestablecido
- Expulsión total del paquete compactado

2.5.1 Manipulación de fardos para paletizado

Los fardos compuestos por residuos tratados que salen de la enfardadora deben ser manipulados de manera conveniente, por un solo operario, para poder ubicarlos correctamente sobre un pallet, y así ser transportados de manera eficiente por los camiones de la empresa transportista.

Características del fardo:

- Alto: 0,75 [m]
- Largo: 0,60 [m]
- Ancho: 0,60 [m]
- Peso: entre 220 y 270 [kg]
- Salen ya atados con 4 vueltas de alambre para mantenerse compactos.

Para este caso se opta por una opción que permita elevar los fardos del suelo, de manera que puedan ser llevados fácilmente hasta la zona de acopio o paletizado. Se instala una viga perfil IPN o “doble te” de tamaño a dimensionar, en la que se instala un carro porta aparejo sin motorización. De este se acopla un aparejo eléctrico capaz de levantar el peso del fardo y del sistema de agarre o izaje de este.

Esta viga debe ir desde la salida de la enfardadora (donde caen los fardos) hasta la zona de paletizado y acopio, que está a una distancia de aproximadamente 6 metros. Como esta zona es un agregado a la nave de la planta, la viga puede fijarse a otra del mismo galpón, mientras que del lado de la enfardadora se fije mediante “patas” o apoyos en el suelo.

La elevación de los fardos se hará mediante la siguiente pinza para bloques de la marca AARDWOLF modelo Versa AVBC-1100:



Imagen 35 Pinza para bloques AARDWOLF modelo Versa AVBC-1100

La misma aprieta el fardo a medida que es elevado por el aparejo, y libera el fardo cuando es apoyado en alguna superficie (no hay fuerza de tiro). Las pinzas son modulares en dimensiones y tienen placas intercambiables, para poder optar por las de mejor agarre de los fardos.

Las dimensiones y peso de la pinza son las siguientes:

AVBC-1100 (150-1100mm)	Metric (mm-kg)
Peso bruto	175
Dimensiones del paquete	1500 x 570 x 360

Tabla 7 Características pinza AARDWOLF Versa AVBC-1100

Con el dato del peso de la pinza, y el peso del fardo se tiene la capacidad mínima del aparejo:

$$F_{aparejo} = W_{pinza} + W_{fardo} = 175[kg] + 270[kg] = 445[kg]$$

Con un aparejo dimensionado para media tonelada es suficiente para realizar esta manipulación.

Se consulta a la marca LUSQTOFF y se elige un aparejo eléctrico modelo N3, con las siguientes características:

- Tensión: 220 V ~ 50 Hz
- Potencia: 1600 W
- Capacidad de carga: 500-1000 Kgs.
- Elevación máxima: 12 mts
- Contiene: aparejo, roldana, 1 gancho
- Diámetro cable: 6 mm
- Material del cable: linga resistente de acero
- Peso: 30 Kg

Con el peso de este, faltaría solo el carro al que se acopla el aparejo para poder desplazarse a lo largo de la viga. Se consulta en varias ferreterías y el peso para un carro de una tonelada es de 10 kilogramos.

Ahora se determina el peso que debe soportar la viga para poder dimensionarse:

$$F_{viga} = W_{pinza} + W_{fardo} + W_{aparejo} + W_{carro}$$

$$F_{viga} = 175[kg] + 270[kg] + 30[kg] + 10[kg] = 485[kg]$$

Se toma el valor de esta fuerza como 500[kg] para los cálculos.

Se utiliza la calculadora online “Deflection.App – Calculadora de vigas” (Blue Ketchep, s.f.) para determinar los esfuerzos en la viga. En ella se cargan los siguientes datos:

- Distancia total de la viga: 6[m]
- Ubicación de los apoyos (se adaptan a la disposición de la planta):
 - 0,25[m] apoyo en suelo.
 - 4,875[m] abulonado a otra viga en pared de galpón
- Cargas:
 - Peso de propio de la viga: carga distribuida de 14,3 [kg/m] para un perfil IPN 140
 - Carga puntual de los elementos anteriores: $F_{viga} = 500[kg]$

La misma calculadora permite seleccionar el perfil a instalar. Se realizan los cálculos adoptando un perfil IPN 140 ya que es el que se suele usar para el tipo de carro seleccionado. Este perfil cuenta con un módulo resistente de $573[cm^4]$.

IPN 140

Momento de inercia
 $5,73 \times 10^{-6} \text{ m}^4$

Area
 $1,82 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

UE - Acero - S235

Modulos elasticos
 $210 \times 10^9 \text{ Pa}$

Densidad de peso
 $77 \times 10^3 \text{ N/m}^3$

Límites

Desplazamiento
 $L / 360$

Resistencia a la flexión
 $235 \times 10^6 \text{ Pa}$

Resistencia a la cizalladura
 $136 \times 10^6 \text{ Pa}$

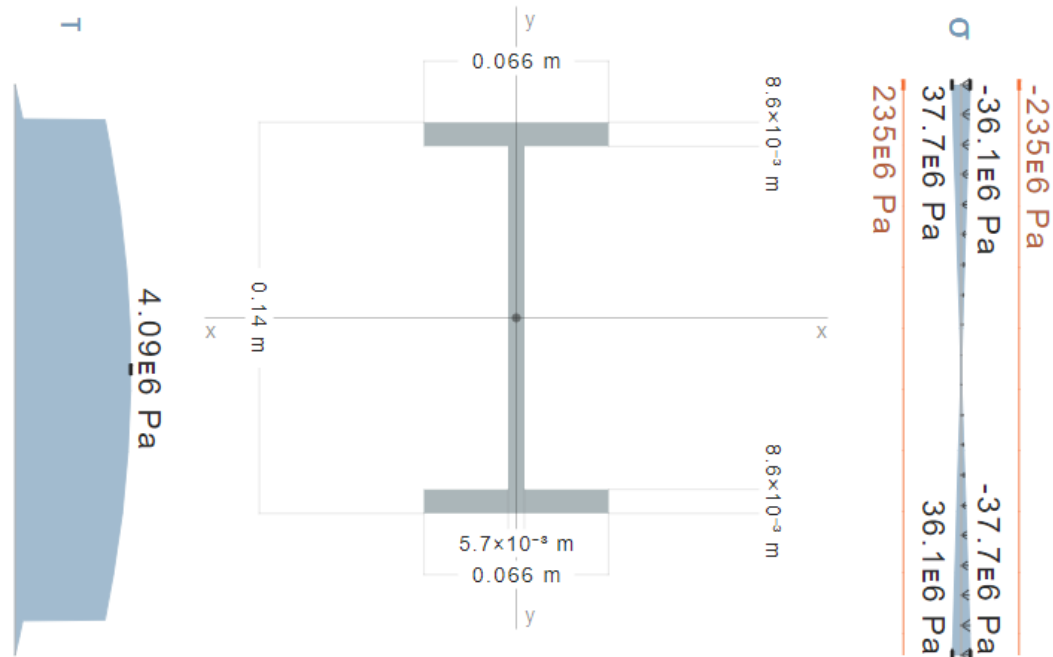


Imagen 36 Características IPN 140

Este software toma de límite de desplazamiento una flecha de $L/360$, expresando el resultado como porcentaje de este límite, siendo este valor el 100%. “L” es la longitud de la viga entre apoyos, en este caso 4,75 [m] ya que tiene dos tramos, de 0,25 [m] de un lado y 1 [m] del otro en voladizo. Para este caso, el límite de desplazamiento a la flexión es:

$$\frac{L}{360} = \frac{4750[mm]}{360} = 13,2[mm] = 100\%$$

En el primer caso, se toma la ubicación de la carga a una distancia equidistante entre apoyos, que sería a los 2,7[m] del comienzo de la viga.

Para el segundo caso de análisis, se toma la carga en el extremo del voladizo más largo, ubicado a los 6 [m].

Las gráficas, con los resultados de cada caso de evaluación se muestran a continuación.



Imagen 37 Gráficas y resultados de cálculo de viga: caso 1

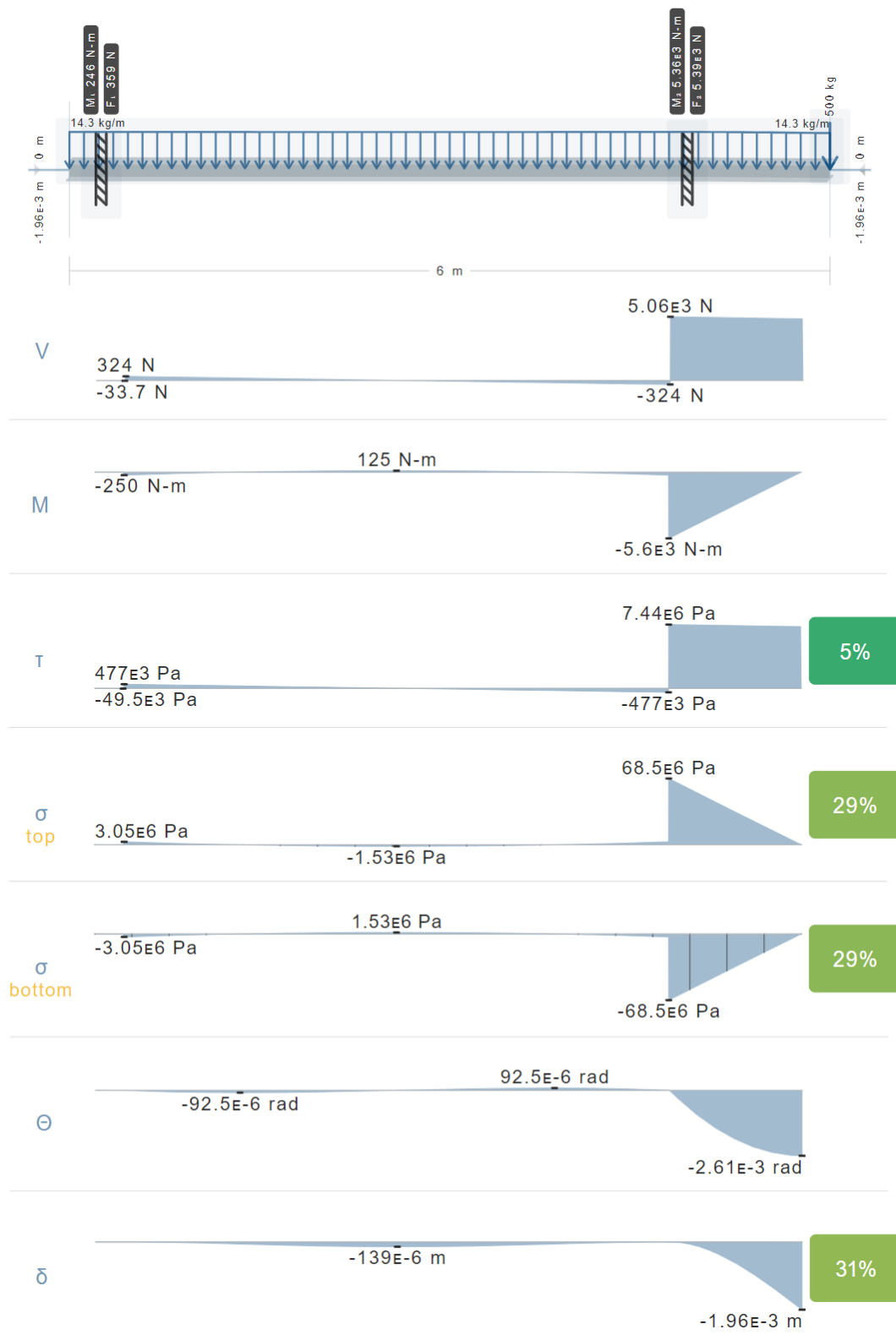


Imagen 38 Gráficas y resultados de cálculo de viga: caso 2

Se puede observar que la viga en perfil IPN 140 verifica para cualquier caso. Finalmente, el sistema para la manipulación de los fardos de residuos tratados queda de la siguiente forma:

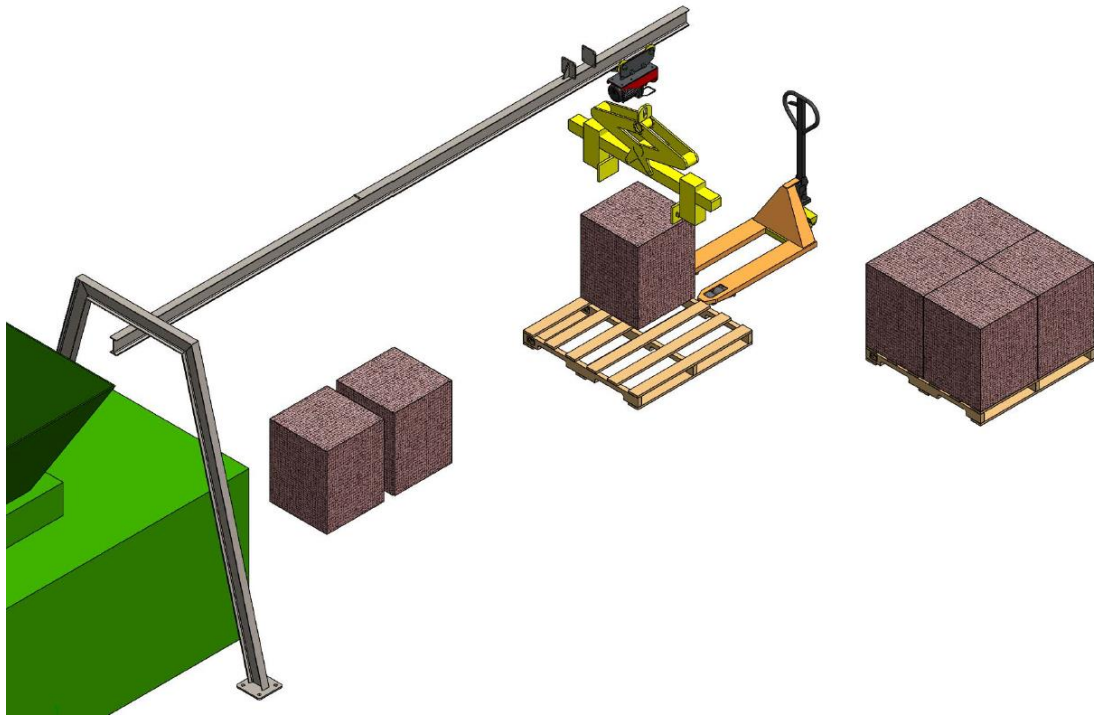


Imagen 39 Sistema de manipulación de fardos

2.6 Cámara frigorífica

Para dimensionar la cámara frigorífica primero se consideran los escenarios en los que se haría uso de una, más allá de que sea obligatorio por ley. El motivo de una cámara frigorífica es el de almacenar todo aquel RR.PP. que no pueda ser tratado en el día que este ingrese a la planta. Se debe almacenar en una cámara frigorífica para que este no entre en estado de descomposición.

2.6.1 Estudio de casos de uso de la Cámara Frigorífica

Entonces se dimensiona la cámara para que entren todos aquellos residuos que ingresen a la planta, pero no puedan ser tratados. Puede haber varios motivos por los que no se puedan tratar los residuos, se indican algunos a continuación:

- Rotura de alguna máquina principal (horno pirolítico, autoclave, caldera).
- Parada por mantenimiento de alguna máquina principal.
- Corte de energía eléctrica o gas a la planta.

Se estima la probabilidad de cada uno de estos escenarios.

Rotura de alguna máquina:

- La máquina más compleja y que mayor estrés recibe es sin dudas el horno, ya que está compuesto por varias partes móviles, mecanismos, sensores eléctricos y actuadores neumáticos. Además, producto de su funcionamiento, es sometido a cargas térmicas grandes, las cuales pueden llegar a debilitar algún componente o pieza.
- El autoclave, a pesar de que es más simple como máquina, depende de otra máquina para su funcionamiento: la caldera. Aun así, resulta improbable que estos puedan salir de servicio por rotura si se siguen los mantenimientos adecuados.

- Las demás máquinas auxiliares de la planta no influyen en la cantidad tratada de manera directa, por lo que no son tomadas en cuenta.

Parada por mantenimiento de alguna máquina: se sugiere que el mantenimiento de las máquinas (principales o auxiliares) sean durante las jornadas en las que no se trate ningún residuo. También puede realizarse mantenimiento a una máquina principal mientras la otra está en pleno trabajo. Por lo que no es necesario tomar este factor como decisivo.

Corte de energía eléctrica o gas a la planta: en cualquiera de los dos escenarios, se dejaría fuera de operación a la planta, imposibilitando el tratamiento de los residuos y obligando si o si a resguardarlos en la cámara frigorífica. Con el añadido de que, en caso de corte de suministro eléctrico, el equipo de frío de la cámara tampoco funcionaría, por lo que sería necesario adquirir mediante compra o alquiler un generador.

En los últimos años, el servicio de suministro eléctrico ha sido muy constante, habiendo pocos cortes y de poca duración, ninguno llegó a durar más de unas cuantas horas. Aun así, se opta por adquirir un grupo generador de potencia suficiente para accionar las máquinas principales y la cámara frigorífica, que funcione con gas natural como la caldera y el horno.

Un caso similar ocurre con el suministro de gas natural, el mismo no ha tenido cortes notables en los últimos años, incluso durante el año pasado en el que se creía que iba a haber escasez. Se tiene en cuenta, además, la construcción y próxima puesta en funcionamiento del nuevo gasoducto, que no solo proveerá de gas natural al territorio nacional, sino que también podrá exportar gran parte de este. Es por estas razones que no se considera un sistema paralelo de alimentación de gas.

Entonces, al considerar cortes no tan duraderos de energía, ni cortes en el suministro de gas, se estima que la cámara debe poder almacenar lo que llegue a la planta por 3 días seguidos. Esto da una margen considerable, ya que ningún corte de energía ha durado más que una cierta cantidad de horas y, además, se tiene un grupo electrógeno que suplanta este servicio en casos de emergencia.

2.6.2 Dimensionamiento Tamaño Cámara Frigorífica

Para el dimensionamiento de la cámara frigorífica, se toma la cantidad total de residuos que llegue a la planta diariamente de aquí a 30 años, con todas las zonas de incubencia que se han señalado anteriormente (peor escenario). De este valor, se considera un 50% que se almacene en la cámara frigorífica, compuesto por:

- 20% del residuo a ser tratado por horno incinerador (de mayor necesidad de almacenamiento en frío).
- Un 30% de residuo a ser tratador por autoclave, que no implica tanto riesgo como en el caso anterior.

$$\text{Residuos en 30 años} = 4548,2 \text{ kg} \times 0,5 = 2274,1 \text{ kg}$$

En el caso de una rotura del Horno Pirolítico (residuos de mayor necesidad a ser almacenados en frío), y que el autoclave pueda tratar todos los residuos que se le asignen, la cámara podría almacenar todos los residuos que le lleguen en:

$$\text{Días} = 3 \times \frac{50}{20} = 7,5$$

Más de una semana, tiempo que se considera suficiente para reparar cualquier urgencia que haya surgido con el horno.

La cámara frigorífica en la planta funcionará no solo como almacenador si no también como primer punto de contacto del residuo una vez es descargado del camión.

Estos residuos se almacenarán dentro de los mismos contenedores plásticos en los que fueron transportados, ya que permiten una manipulación sencilla y la posibilidad de apilarlos, lo que hace que se aproveche mucho mejor el espacio.

La cámara debe contar con al menos dos puertas de gran tamaño para la entrada y salida sencilla de estos contenedores.

Se empieza el dimensionamiento del tamaño de la cámara sabiendo cuántos contenedores se debe almacenar para la cantidad de kilogramos del escenario antes descrito.

Todos los cálculos de este capítulo fueron realizados con el software PTC Mathcad.

Se tiene la densidad de residuos patológicos adoptada:

$$\delta_{rrpp} = 77,3 \frac{kg}{m^3}$$

Esto da un volumen por día de residuos a tratar de:

$$V_{bxdia} = 29,65m^3$$

Que equivaldrían a aproximadamente 340 bolsas utilizadas por el Hospital San Roque a 2/3 de su capacidad.

Los contenedores tienen un tamaño de:

- Alto $h = 725mm$
- Ancho $b = 545mm$
- Largo $a = 750mm$
- Volumen (capacidad) $V_{caja} = 180 L$
- Peso $W_{caja} = 7,5kg$

Se toma el volumen de residuos que se tiene en un día y se divide por la capacidad de cada contenedor, multiplicándolo por 3 que serían los días que se toma para el dimensionamiento de la cámara. Esto da la cantidad de contenedores que la cámara debe almacenar:

$$n_{cajas} = \frac{V_{b \times dia}}{V_{caja}} \times 3 \cong 490$$

Si dentro de la cámara apilamos hasta 3 contenedores, se tiene la siguiente cantidad de “columnas”:

$$n_{cajasplano} = \frac{n_{cajas}}{3} = 163,44$$

Si se realiza la raíz cuadrada de este valor, se obtiene la cantidad de contenedores por lado (dos lados iguales en cantidad):

$$n_{lado} = \sqrt{n_{cajasplano}} \cong 13$$

Con estos valores y las dimensiones de los contenedores se puede determinar el tamaño mínimo que debe tener la cámara frigorífica en su interior:

- $h_{mincamara} = h \times 3 = 2,18m$
- $b_{mincamara} = (b + 20mm) \times n_{lado} = 7,35m$
- $a_{mincamara} = (a + 20mm) \times n_{lado} = 8,71m$

Siendo que la cámara frigorífica estará construida en paneles frigoríficos autoportantes, estos encastran entre sí usando perfiles de PVC o de aluminio anodizado de acuerdo al espesor de cada uno. Se consulta a la empresa MTH S.R.L. dedicada a la construcción de este tipo de equipos, cuyos paneles cuentan con las siguientes características:

- Ancho: Chapa 1170 mm. Plástico 1220 mm.
- Longitud: de 1 m a 15 m y superiores.
- Núcleo: Poliestireno expandido de 50 a 250 mm. Espuma rígida de poliuretano de 40 a 160 mm de espesor.
- Recubrimientos: Chapa de acero galvanizada, prepintada con pintura poliéster al horno. Chapa Cincalum con baño de brugal. Chapa de acero galvanizada. Chapa de acero inoxidable. Láminas de plástico reforzado con fibra de vidrio.
- Superficie: Conformada o lisa.
- Perfilería: Sanitaria de aluminio anodizado.
- Sellador: Mástic de permanencia elástica.

(MTH S.R.L., 2023)

Las medidas finales de la cámara son:

- $h_{camara} = 3,65 \text{ m}$
- $b_{camara} = 7,02 \text{ m}$
- $a_{camara} = 11,7 \text{ m}$
- $V_{camara} = 287,5 \text{ m}^3$

2.6.3 Dimensionamiento Frigorífico de la Cámara

Ahora que se tiene el tamaño de la cámara frigorífica, se debe determinar la potencia frigorífica a instalar para poder almacenar los residuos en condiciones para evitar lo más posible su deterioro y degradación.

Para esto primero se calcula la cantidad de energía necesaria para llevar a la masa total de residuos junto con los contenedores a una temperatura cercana a 0°C. Esta

energía calculada, dividida el tiempo que esperamos para llegar a la temperatura final, se obtiene la potencia frigorífica.

Luego se debe determinar las pérdidas o aportes caloríficos exteriores que tiene la cámara por la propia operación de la misma.

La suma de estas potencias se obtiene la potencia frigorífica final a instalar en la cámara frigorífica.

2.6.3.1 Potencia frigorífica para enfriar los RR.PP.

Con la densidad de residuos antes mostrada, se puede saber la masa de RR.PP. por cada contenedor:

$$W_{bx} = \delta_{rrpp} \times V_{caja} = 13,91 \text{ kg}$$

Peso del contenedor:

$$W_{caja} = 7,5 \text{ kg}$$

Al no poder desarmar numerosas bolsas de este tipo de residuos (por obvias razones) cuesta determinar experimentalmente la composición en promedio de estas. Tomando de referencia un proyecto final de la UTN Facultad Regional San Rafael (UTN Facultad Regional San Rafael , 2013), se considera que por cada 5kg de RR.PP., en promedio contiene:

- 2,5kg de plásticos
- 1,25kg de materia orgánica
- 0,5 kg metales
- 0,5 kg yeso
- 0,25 kg vidrios

Se referencia este peso al que manejan los carros en promedio, es decir, se toma el valor de porcentaje de estos y se lo lleva al peso de RR.PP. que contiene cada caja:

$$m_{plastico} = \frac{2,5kg}{5kg} \times W_{bxc} = 6,96kg$$

$$m_{mat_org} = \frac{1,25kg}{5kg} \times W_{bxc} = 3,48kg$$

$$m_{met} = \frac{0,5kg}{5kg} \times W_{bxc} = 1,39kg$$

$$m_{vidrio} = \frac{0,25kg}{5kg} \times W_{bxc} = 0,7kg$$

$$m_{yeso} = \frac{0,5kg}{5kg} \times W_{bxc} = 1,39kg$$

Se debe considerar que toda materia orgánica 60% de agua. La masa de agua total es:

$$m_{agua} = 0,6 \times m_{mat_org} = 2,09kg$$

$$m_{org} = m_{mat_org} - m_{agua} = 1,39kg$$

$$m_{bolsa} = m_{plastico} + m_{agua} + m_{org} + m_{met} + m_{vidrio} + m_{yeso} = 13,91kg$$

Se buscan los calores específicos para cada material:

- Calor específico del agua $cp_{agua} = 4181,3 \frac{J}{kg \cdot K}$
- Calor específico del aire $cp_{aire} = 1012 \frac{J}{kg \cdot K}$
- Calor específico del yeso $cp_{yeso} = 1090 \frac{J}{kg \cdot K}$
- Calor específico del carbono $cp_c = 711 \frac{J}{kg \cdot K}$

- Calor específico del vidrio $cp_{vidrio} = 840 \frac{J}{kg \cdot K}$
- Calor específico de las agujas, acero inoxidable AISI 304 (fuente: Solidworks) $cp_{aceroinox} = 500,34 \frac{J}{kg \cdot K}$
- Calor específico de las jeringas, polipropileno $cp_{poliprop} = 1880 \frac{J}{kg \cdot K}$
- Calor específico de los contenedores, polietileno $cp_{polietileno} = 1950 \frac{J}{kg \cdot K}$

Se toma que la cámara frigorífica reduce la temperatura de 30°C a 0°C (no debe llegar a congelar).

La energía necesaria para para enfriar un contenedor lleno de RR.PP. es de:

$$Q = \sum(m \times cp) \times \Delta T$$

$$Q_{cfu} := \left(\begin{array}{l} m_{plastico} \cdot cp_{poliprop} + m_{met} \cdot cp_{aceroinox} \downarrow \\ + m_{vidrio} \cdot cp_{vidrio} + m_{org} \cdot cp_c + m_{agua} \cdot cp_{agua} \downarrow \\ + m_{yeso} \cdot cp_{yeso} + W_{caja} \cdot cp_{polietileno} \end{array} \right) \cdot ((30 + 274) K - (0 + 274) K)$$

$$Q_{cfu} = 288,17 \text{ kcal}$$

Si se multiplica por la cantidad de contenedores o cajas, se obtiene la energía total necesaria para enfriar todos los RR.PP.:

$$Q_{cajas} = Q_{cfu} \times n_{cajas} = 141296,7 \text{ kcal}$$

Si se busca que esta masa se enfríe en 6 horas, la potencia frigorífica necesaria será de:

$$\Delta t = 6 \text{ hr}$$

$$PF_{cajas} = \frac{Q_{cajas}}{\Delta t} = 23549,45 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

2.6.3.2 Determinación de los espesores de los paneles aislantes.

Por las dimensiones propuestas, se adopta una cámara de tipo modular, hecha a base de paneles de poliestireno expandido con espesores que varían y que se verificarán a continuación.

La cámara está separada del horno pirolítico, para evitar mayores aportes de calor.

Para el cálculo de los espesores de los aislantes utilizados, se limita el flujo máximo de calor a:

$$q = 8 \text{ a } 10 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

Este es un valor práctico que se utiliza para el cálculo de los espesores de los paneles de la cámara frigorífica.

Este valor corresponde también a la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Donde:

- Q Transferencia de calor entre el interior y el exterior de la cámara a través de los paneles.
- U Coeficiente global de transferencias de calor.
- A Área del panel.
- ΔT Diferencia de temperatura. $\Delta T = T_{ext} - T_{int}$

Como Q ya está definido, se despeja el coeficiente U :

$$10 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = U \times A \times \Delta T$$

$$U = \frac{10 \frac{kcal}{hr}}{A \times \Delta T}$$

Si se relaciona a cualquier área, queda:

$$U = \frac{10 \frac{kcal}{hr \times m^2}}{\Delta T}$$

El coeficiente global de transferencia de calor esta dado por la siguiente expresión también:

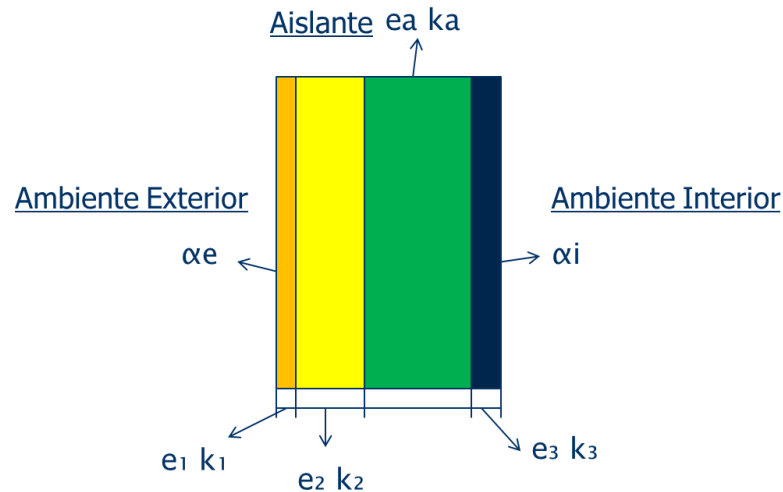


Imagen 40 Coeficiente global de transferencia de calor

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{e1}{k1} + \frac{e2}{k2} + \frac{ea}{ka} + \frac{e3}{k3} + \frac{1}{\alpha_i} = Z + \frac{ea}{ka}$$

Donde:

- α_e Coeficiente Pelicular del Aire Exterior = $20 \frac{Kcal}{hr \times m^2 \times ^\circ C}$
- α_i Coeficiente Pelicular del Aire Interior = $7,14 \frac{Kcal}{hr \times m^2 \times ^\circ C}$
- $e1 - e2 - e3$ Espesores de los materiales de la pared o panel
- $k1 - k2 - k3$ Coeficientes de Conducción de los materiales 1, 2 y 3

- e_a Espesor del Aislante
- k_a Coeficiente de conducción del aislante

$$e_a = \left(\frac{1}{U} - Z \right) \times k_a$$

Siendo $Z = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_i}$

Se toman paneles de Poliestireno expandido de la marca MTH de la ciudad de Crespo. Estos son autoportantes, modulares con encastre Macho-Hembra y revestidos en ambas caras con Chapa Galvanizada Prepintada BWG – 25.

TEMP. INTERNA	ESPESOR	COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN K	COEFICIENTE DE RESISTENCIA TÉRMICA R
°C	MM	Wm2 °C	m2 °C/W
12	50	0,650	1,538
5	100	0,325	3,155
-10	150	0,210	4,599
-25	200	0,163	6,135
-35	250	0,128	7,659

Tabla 8 Características paneles térmicos MTH

Se selecciona el coeficiente de transmisión k del espesor de 100 mm para verificar dicho espesor:

$$k_a = 0,325 \left[\frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right] \times 100 [mm] = 0,03 \left[\frac{W}{m \times ^\circ C} \right] = 0,028 \left[\frac{kcal}{hr \times m \times ^\circ C} \right]$$

Se determina el espesor óptimo para las paredes:

$$e_{pared} = \left(\frac{\Delta T}{Q} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_i} \right) \right) \times k_a$$

$$e_{pared} = \left(\frac{(40 - 0)[^\circ\text{C}]}{10 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2}} - \left(\frac{1}{20 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C}} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C}} \right]} \right) \right)$$

$$\times 0,028 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m} \times ^\circ\text{C}} \right] = 0,1065 \text{ [m]} \cong 100 \text{ [mm]}$$

Espesor para paredes de 100 mm.

Se determina el espesor óptimo para el techo:

$$e_{pared} = \left(\frac{\Delta T}{Q} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_i} \right) \right) \times k_a$$

$$e_{pared} = \left(\frac{(50 - 0)[^\circ\text{C}]}{10 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2}} - \left(\frac{1}{20 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C}} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C}} \right]} \right) \right)$$

$$\times 0,028 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m} \times ^\circ\text{C}} \right] = 0,1344 \text{ [m]} \cong 135 \text{ [mm]}$$

Espesor para techo, se adopta de 150 mm.

En este caso, el piso está construido en losa de hormigón de 150 mm de espesor y $0,5 \frac{W}{m \times K}$ de coeficiente de conducción (Material Properties, s.f.). Debajo de esta capa de hormigón, se coloca una capa de aislamiento compuesta por doble plancha de Poliestireno expandido de 50 mm. c/u en 24 Kg/m^3 de densidad, y los materiales auxiliares: parte inferior membrana asfáltica con aluminio, en la parte superior con nylon 200 micrones para barrera de vapor (recomendación MTH). Se verifica el espesor antes mencionado, tomando una temperatura exterior del suelo de 20°C .

$$e_{pared} = \left(\frac{\Delta T}{Q} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_i} \right) - \frac{e1}{k1} \right) \times k_a$$

$$e_{pared} = \left(\frac{(20 - 0)[^{\circ}\text{C}]}{10 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2}} - \left(\frac{1}{20 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} \right) - \frac{0,15[\text{m}]}{0,5 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \times \text{K}} \right]} \right) \times 0,028 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m} \times ^{\circ}\text{C}} \right] = 0,04223 [\text{m}] \cong 42 [\text{mm}]$$

Verifica el espesor de 50mm del aislante proporcionado por MTH.

2.6.3.3 Aportes caloríficos exteriores

Se debe determinar ahora, el calor que se introduce a la cámara frigorífica, los cuales son los siguientes:

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$$

Donde:

- Q_{p1} Aportes de calor por las puertas, paredes, suelo y techo.
- Q_{p2} Enfriamiento y secado del aire de renovación.
- Q_{p3} Aportes de calor de la circulación y trabajo del personal dentro de la cámara.
- Q_{p4} Iluminación, ventiladores de evaporadores, bombas.
- Q_{p5} Otros calores (calor liberado por ventiladores/motores).

2.6.3.3.1 Cálculo de Q_{p1}

Se calcula el aporte de calor a través de las paredes:

$$Q_{p1a} = 2 \times a_{camara} \times h_{camara} \times \frac{\Delta T}{\left(\frac{1}{\alpha e} + \frac{1}{\alpha i} \right) + \frac{ea}{ka}}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{p1a} &= 2 \times 11,7[m] \times 3,65[m] \\
 &\times \frac{(40 - 0)[^{\circ}\text{C}]}{\left(\frac{1}{20 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} \right) + \frac{0,1[m]}{0,028 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m} \times ^{\circ}\text{C}} \right]}} \\
 Q_{p1a} &= 869,3 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]
 \end{aligned}$$

$$Q_{p1a} = 2 \times b_{camara} \times h_{camara} \times \frac{\Delta T}{\left(\frac{1}{\alpha e} + \frac{1}{\alpha i} \right) + \frac{ea}{ka}}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{p1b} &= 2 \times 7,02[m] \times 3,65[m] \\
 &\times \frac{(40 - 0)[^{\circ}\text{C}]}{\left(\frac{1}{20 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} \right) + \frac{0,1[m]}{0,028 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m} \times ^{\circ}\text{C}} \right]}} \\
 Q_{p1b} &= 521,6 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]
 \end{aligned}$$

Se calcula el aporte de calor a través del techo:

$$Q_{p1techo} = a_{camara} \times b_{camara} \times \frac{\Delta T_{techo}}{\left(\frac{1}{\alpha e} + \frac{1}{\alpha i} \right) + \frac{ea}{ka}}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{p1techo} &= 11,7[m] \times 7,02[m] \\
 &\times \frac{(50 - 0)[^{\circ}\text{C}]}{\left(\frac{1}{20 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2 \times ^{\circ}\text{C}} \right]} \right) + \frac{0,15[m]}{0,028 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \times \text{m} \times ^{\circ}\text{C}} \right]}}
 \end{aligned}$$

$$Q_{p1techo} = 738,91 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

Se calcula el aporte de calor a través del suelo:

$$Q_{p1suelo} = a_{camara} \times b_{camara} \times \frac{\Delta T_{suelo}}{\left(\frac{1}{\alpha e} + \frac{1}{\alpha i} \right) + \frac{ea}{ka} + \frac{e1}{k1}}$$

$$Q_{p1suelo}$$

$$= 11,7[m] \times 7,02[m]$$

$$\times \frac{(20 - 0)[^{\circ}C]}{\left(\frac{1}{20 \left[\frac{kcal}{hr \times m^2 \times ^{\circ}C} \right]} + \frac{1}{7,14 \left[\frac{kcal}{hr \times m^2 \times ^{\circ}C} \right]} \right) + \frac{0,05[m]}{0,028 \left[\frac{kcal}{hr \times m \times ^{\circ}C} \right]} + \frac{0,15[m]}{0,5 \left[\frac{W}{m \times K} \right]}}$$

$$Q_{p1suelo} = 540,54 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

Los aportes de calor por las puertas, paredes, suelo y techo totales son:

$$Q_{p1} = Q_{p1a} + Q_{p1b} + Q_{p1techo} + Q_{p1suelo} = 2670,35 \left[\frac{kcal}{hr} \right] = 3105,6[W]$$

2.6.3.3.2 Cálculo de Q_{p2}

Para calcular los aportes de calor por las renovaciones de aire, se debe determinar primero el volumen de aire dentro de la cámara:

$$V_{intcamara} = (h_{camara} - ea_{techo}) \times (b_{camara} - 2 \times ea_{pared}) \\ \times (a_{camara} - 2 \times ea_{pared})$$

$$V_{intcamara} = (3,65[m] - 0,15[m]) \times (7,02[m] - 2 \times 0,1[m]) \\ \times (11,7[m] - 2 \times 0,1[m]) = 262,7[m^3] = 9278,6[ft^3]$$

Luego, se determina el volumen que ocupan las cajas o contenedores dentro de la cámara:

$$V_{cajaext} = h_{caja} \times b_{caja} \times a_{caja} = 0,725[m] \times 0,55[m] \times 0,65[m] = 0,26[m^3]$$

$$V_{cajatotal} = V_{cajaext} \times n_{cajas} = 0,26[m^3] \times 490 = 125,93[m^3]$$

Se determina el volumen de aire a renovar:

$$V_{aire} = V_{intcamara} - V_{cajatotal} = 262,7[m^3] - 125,9[m^3] = 136,8[m^3]$$

Se dirige a la tabla 8 del manual de refrigeración (Copeland) que indica la cantidad de renovaciones de aire cada 24 horas por el volumen de cámara que se tiene:

Tabla 8
PROMEDIO DE CAMBIOS DE AIRE EN 24 HORAS PARA CAMARAS DE ALMACENAJE DEBIDO A LA APERTURA DE PUERTAS E INFILTRACION

Volumen ft ³	Cambios de aire en 24 horas		Volumen ft ³	Cambios de aire en 24 horas	
	Arriba de 32°F	Abajo de 32°F		Arriba de 32°F	Abajo de 32°F
200	44.0	33.5	6,000	6.5	5.0
300	34.5	26.2	8,000	5.5	4.3
400	29.5	22.5	10,000	4.9	3.8
500	26.0	20.0	15,000	3.9	3.0
600	23.0	18.0	20,000	3.5	2.6
800	20.0	15.3	25,000	3.0	2.3
1,000	17.5	13.5	30,000	2.7	2.1
1,500	14.0	11.0	40,000	2.3	1.8
2,000	12.0	9.3	50,000	2.0	1.6
3,000	9.5	7.4	75,000	1.6	1.3
4,000	8.2	6.3	100,000	1.4	1.1
5,000	7.2	5.6			

Nota: Para uso frecuente intenso multiplicar por 2 los valores. Para almacenamientos prolongados multiplicar por 0.5.
Del manual de Fundamentos ASHRAE 1981 copiado con autorización.

Tabla 9 Cambios de aire Manual Copeland

Total renovaciones de aire:

$$n_{renovaciones} = 6 \times 2 = 12$$

Se toma el aire exterior a una temperatura de 30°C y 40% de humedad relativa, y un aire interior a 0°C y 90% de humedad relativa.

Entalpía y volumen específico del aire exterior:

$$i_{ext} = 13,5 \left[\frac{kcal}{kg} \right]$$

$$v_{ext} = 0,896 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

Entalpía y volumen específico del aire interior:

$$i_{int} = 2,24 \left[\frac{kcal}{kg} \right]$$

$$v_{int} = 0,778 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

Se toma el volumen específico promedio:

$$v_{prom} = \frac{(v_{int} + v_{ext})}{2} = \frac{(0,778 + 0,896)}{2} \left[\frac{m^3}{kg} \right] = 0,84 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

El calor aportado por las renovaciones de aire es:

$$Q_{p2} = (i_{ext} - i_{int}) \times n_{renovaciones} \times \frac{V_{aire}}{v_{prom}}$$

$$Q_{p2} = \left(13,5 \left[\frac{kcal}{kg} \right] - 2,24 \left[\frac{kcal}{kg} \right] \right) \times \frac{12}{24} \left[\frac{1}{hr} \right] \times \frac{136,8 \left[m^3 \right]}{0,84 \left[\frac{m^3}{kg} \right]} = 920,25 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

2.6.3.3.3 Cálculo de Q_{p3}

Para calcular los aportes de calor por la circulación del personal dentro de la cámara, se adopta las siguientes condiciones:

Siendo:

- Dos trabajadores que manipulan los contenedores con residuos.

$$n_{personas} = 2$$

- Tiempo de permanencia en horas por día. $t_{personas} = 2 \left[\frac{hr}{día} \right]$
- Trabajo Liviano. Tabla 17 (Copeland).

Tabla 17
CALOR DISIPADO POR LAS PERSONAS
DENTRO DEL ESPACIO REFRIGERADO

Temperatura del Refrigerador en °F	Calor disipado/persona BTU/hora
50	720
40	840
30	950
20	1,050
10	1,200
0	1,300
-10	1,400

Tomado del Manual de Fundamentos ASHRAE, 1967.
Copiado con autorización.

Tabla 10 Calor disipado por personas Copeland

$$q_{personas} = 950 \left[\frac{BTU}{hr} \right] = 239,4 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

El calor aportado por la circulación de personas es:

$$Q_{p3} = n_{personas} \times q_{personas} \times t_{personas} = 2 \times 239,4 \left[\frac{kcal}{hr} \right] \times 2 \left[\frac{hr}{día} \right] = 40 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

2.6.3.3.4 Cálculo de Q_{p4}

Para calcular los aportes de calor por iluminación dentro de la cámara, se toman la cantidad de luminarias dentro de la cámara y el tiempo que permanecen encendidas:

- Tiempo de encendido, igual al tiempo de personas dentro de la cámara:

$$t_{personas} = 2 \left[\frac{hr}{día} \right]$$

- Número de luminarias n_{ilum} . Se toman 6 tubos led de 1200 mm de longitud y consumo de 16W que es un estándar. Se verifica luego en el cálculo de iluminación.

La carga térmica por la iluminación es la siguiente:

$$Q_{p4} = P_{ilum} \times n_{ilum} \times t_{personas} = 16[W] \times 6 \times 2 \left[\frac{hr}{día} \right] = 8[W]$$

$$= 6,88 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

2.6.3.3.5 Cálculo de Q_{p5}

Para calcular los aportes de calor por los ventiladores de las unidades evaporadoras dentro de la cámara, se toma de referencia la tabla 16 (Copeland):

Tabla 16
CALOR DISIPADO POR LOS MOTORES ELECTRICOS *

hp del Motor	BTU por (hp) (hora)		
	Motor y Ventilador dentro del cuarto	Motor fuera y Ventilador dentro	Motor dentro y Ventilador fuera
de 1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
de 1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
de 3 a 20	2,950	2,545	400

* Estos datos son válidos para motores que accionan tanto ventiladores como bombas.
(Tomado del Manual de Fundamentos ASHRAE, 1967, y copiado con autorización)

Tabla 11 Calor disipado por motores eléctricos Copeland

Por la carga de frío que se tiene hasta ahora, se utilizaran al menos 2 equipos de frío para tener variabilidad. Se toma un valor de potencia por ventilador de 745 [W].

$$Q_{p5} = 2 \times 745[W] \times \frac{12[hr]}{24[hr]} = 745[W] = 640,6 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

Finalmente, la suma de todas las pérdidas se obtiene el aporte calorífico total de la cámara:

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$$

$$Q_p = 2670,35 \left[\frac{kcal}{hr} \right] + 920,25 \left[\frac{kcal}{hr} \right] + 40 \left[\frac{kcal}{hr} \right] + 6,88 \left[\frac{kcal}{hr} \right] + 640,6 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_p = 4278 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

2.6.3.3.6 Carga térmica total a evacuar de la cámara

$$\begin{aligned} Q_{total} &= PF_{cajas} + Q_p = 23549,45 \left[\frac{kcal}{hr} \right] + 4278 \left[\frac{kcal}{hr} \right] = 27827,4 \left[\frac{kcal}{hr} \right] \\ &= 32,3[kW] \end{aligned}$$

$$PF_{cajas} = 27,4[kW]$$

$$Q_p = 4,98[kW]$$

2.6.4 Dimensionamiento del equipo frigorífico

El cálculo del equipo de frío requiere dimensionar las partes que a este lo componen, estas son:

- Evaporador
- Condensador
- Compresor
- Válvula de expansión

Primero se debe seleccionar el tipo de refrigerante, se adopta el refrigerante R-404A por su mayor disponibilidad en el mercado.

Se considera una distribución parcial del equipo, para adaptarse a la demanda de frío del sistema. La cámara frigorífica no estará llena salvo que haya un problema con

alguno de los equipos de tratamiento de residuos. Se decide entonces, dividir la potencia total en 4 equipos iguales, cuyo accionamiento queda determinado por la cantidad de cajas en su interior.

$$Q_{equipo} = \frac{Q_{total}}{4} = 6957 \left[\frac{kcal}{hr} \right] = 10,85[HP]$$

2.6.4.1 Evaporador

El evaporador es la parte del equipo que se encuentra dentro de la cámara frigorífica, se encarga de realizar el intercambio térmico entre el fluido o refrigerante y el aire, a través de un forzador y retirando del recinto el agua condensada por el enfriamiento.

Para comenzar con el dimensionamiento, se debe seleccionar la diferencia de temperatura entre el evaporador y la zona climatizada. Decidimos optar por un evaporador con aire de circulación forzada.

Para esto, se debe determinar la humedad relativa dentro del recinto. Tomando de referencia la tabla 13 "Requerimientos de almacenaje y propiedades de producto perecederos" (Copeland). Al no existir la categoría "Residuo Patológico" se toman de ejemplo el caso de "Carne de puerco fresca" que requieren una temperatura de entre 32 y 34°F y entre un 85 a 90% de humedad relativa.

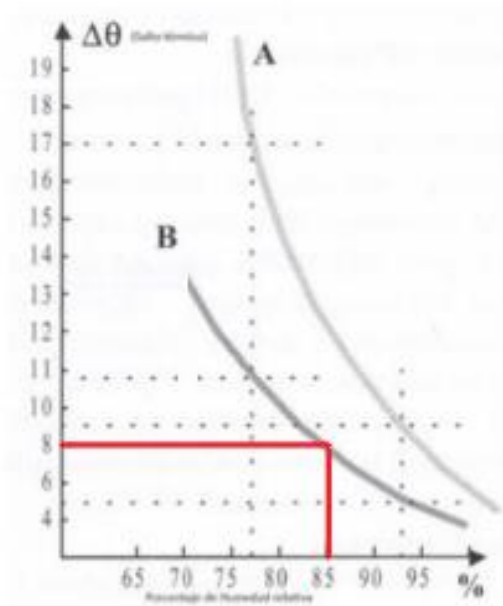
Tabla 13
REQUERIMIENTOS DE ALMACENAJE Y PROPIEDADES DE PRODUCTO PERECEDERAS

Producto	Temp. de almacenaje °F	% Humedad Relativa	Vida aproximada en almacenaje	Producto	Temp. de almacenaje °F	% Humedad Relativa	Vida aproximada en almacenaje
Manzanas	30-32	85-90	2-6 meses	Higos			
Chavacano	31-32	85-90	1-2 semanas	Secos	32-40	50-60	9-12 meses
Aicahota (Globo)	31-32	90-95	1-2 semanas	Frescos	28-32	85-90	5-7 días
Jerusalén	31-32	90-95	2-5 meses	Pescado			
Espárragos	32	90-95	2-3 semanas	Fresco	33-35	90-95	5-15 días
Aguacates	45-55	85-90	4 semanas	Congelado	-10 - 0	90-95	8-10 meses
Plátanos	—	85-95	—	Ahumado	40-50	90-95	6-8 meses
Frijoles (verdes o granos)	45	85-90	8-10 días	En salmuera		90-95	10-12 meses
Haba	32-40	85-90	10-15 días	Ablanado	28-35	75-90	4-8 meses
Carveza, de barril	35-40		3-10 semanas	Mariscos			
Betabeles				Frescos	33	90-95	3-7 días
En manojo	32	90-95	10-14 días	Congelados	0 to -20	90-95	3-8 meses
En cabezas	32	90-95	1-3 meses	Frutas congeladas	-10 - 0	—	8-12 meses
Zarzamoras	31-32	85-90	7 días	Vegetales congelados	-10 - 0	—	5-12 meses
Variedad de arándano	31-32	85-90	3-6 semanas	Pieles y tejidos	34-40	45-55	varios años
Pan	0		Varias semanas	Ajo, seco	32	70-75	6-8 meses
Brocoli, tallos	32	90-95	7-10 días	Uvas espinas o crespas	31-32	80-85	3-4 semanas
Colocillas de Bruselas, tallos	32	90-95	3-4 semanas	Toronja	50	85-90	4-8 semanas
Col. reciente	32	90-95	3-4 meses	Uvas			
Azúcar	0-34	40-65	—	Tipo americano	31-32	85-90	3-8 semanas
Zanahoria				Tipo europeo	30-31	85-90	3-6 meses
Preempacada	32	80-90	3-4 semanas	Miel	—	—	más de un año
En cabezas	32	90-95	4-5 semanas	Lúpulo	29-32	50-60	varios meses
Coliflor	32	90-95	2-3 semanas	Rábano picante	32	90-95	10-12 semanas
Arracacha	32	90-95	3-4 meses	Col	32	90-95	2-3 semanas
Apio	31-32	90-95	2-4 meses	Colirrábano	32	90-95	2-4 semanas
Cerezas	31-32	85-90	10-14 días	Manteca de cerdo			
Cocos (fruto)	32-35	80-85	1-2 meses	(sin antioxidante)	45	90-95	4-8 meses
Café (verde)	35-37	80-85	2-4 meses	Manteca de cerdo			
Grano de maíz	31-32	85-90	4-8 días	(sin antioxidante)	0	90-95	12-14 meses
Arándanos agrios de los plátanos	36-40	85-90	1-4 meses	Puerro, verde	32	90-95	1-3 meses
Pepinos	45-50	90-95	10-14 días	Limones	32 or 50-58	85-90	1-4 meses
Grosellas, uvas o pasas	32	80-85	10-14 días	Lechuga	32	90-95	3-4 semanas
Productos diarios				Limas	48-50	85-90	6-8 semanas
Queso	30-45	65-70		Especie de Zarzamoras	31-32	85-90	5-7 días
Mantequilla	32-40	80-85	2 meses	Carne			
Mantequilla	0 to -10	80-85	1 año	Tocino-Congelado	-10 - 0	90-95	4-6 meses
Crema (endulzada)	-15	—	Varios meses	Curado (Estilo granja)	60-65	85	4-6 meses
Helado	-15	—	Varios meses	Curado (Estilo paquete)	34-40	85	2-6 semanas
Leche, toda líquida				Carne de vaca res-fresca	32-34	88-92	1-6 semanas
Pasteurizada Grado A	33	—	7 días	Congelada	-10 - 0	90-95	9-12 meses
Condensada, endulzada	40	—	Varios Meses	Espinazos con grasa	34-36	85-90	0-3 meses
Evaporada	Room Temp	—	Un año, más	Jamones y hombros-frescos	32-34	85-90	7-12 días
Leche, seca				Congelados	-10 - 0	90-95	6-8 meses
Leche	45-55	low	Varios meses	Curados	60-65	50-60	0-3 años
Sin grasa	45-55	low	Varios meses	Cordero, borrego-fresco	32-34	85-90	5-12 días
Zarzamoras	31-32	85-90	7-10 días	Congelado	-10 - 0	90-95	8-12 meses
Frutas secas	32	50-60	9-12 meses	Hígado-Congelado	-10 - 0	90-95	3-4 meses
Berinjena	45-50	85-90	10 días	Carne de puerco-Fresca	32-34	85-90	3-7 días
Blanquillos, huevos				Congelada	-10 - 0	90-95	4-6 meses
Cascarón	29-31	80-85	6-9 meses	Salchicha Ahumada	40-45	85-90	6 meses
?????	50-55	70-75		Envolvura de Salchicha	40-45	85-90	
Todo, congelado	0 or below	—	1 año, más	Ternera	32-34	90-95	5-10 días
Yema, congelada	0 or below	—	1 año, más	Mango	50	85-90	2-3 semanas
Clara, congelada	0 or below	—	1 año, más	Melón, Variedad	32-40	85-90	5-15 días
Huevo sólido	35-40	low	6-12 meses	Persa	45-50	85-90	1-2 semanas
Pedacitos sólidos albumen	Room Temp	low	más de 1 año	Variedad de Melónes dulce			
Albumen seco en polvo	Room Temp	low	más de 1 año	frescos (Miel y verde)	45-50	85-90	2-4 semanas
Escarola, endibia	32	90-95	2-3 semanas	Melón de la India	45-50	85-90	4-5 semanas
				Sandía	36-40	85-90	2-3 semanas

Tabla 12 Requerimientos de almacenaje por producto Copeland

$$\Delta T = 8^{\circ}C = 8 K$$

$$T_{int} = 0^{\circ}C = 273,15 K$$



A: curva para evaporador con circulación natural estático.

B: curva para evaporador con aire circulación forzada.

Imagen 41 Gráfica de temperatura evaporación

Temperatura del evaporador:

$$T_{evaporador} = T_{int} - \Delta T = 265,15 K$$

En el gráfico del catálogo de la marca INCON se selecciona la temperatura de evaporación y se determina el factor FC.

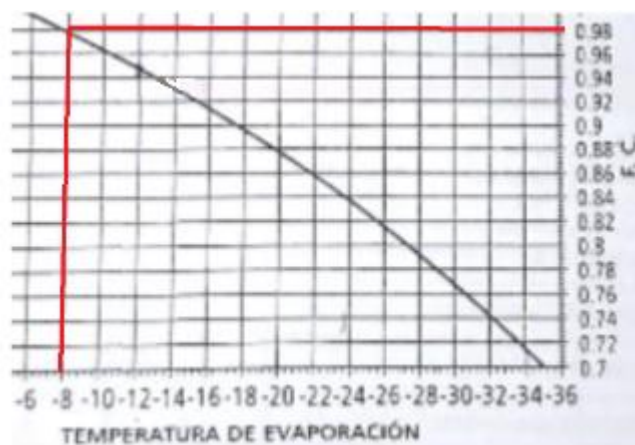


Imagen 42 Gráfica factor FC

$$FC = 0,98$$

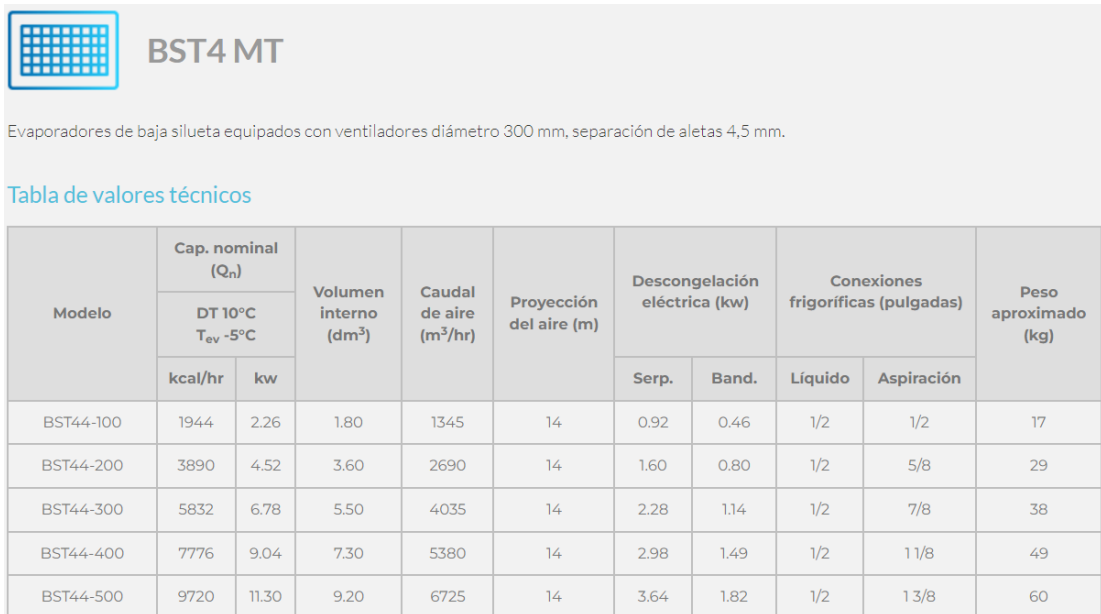
La capacidad de refrigeración del evaporador se determina:

$$Q_{equipo} = 8086,5[W]$$

$$Q_{evap} = \frac{Q_{equipo}}{\frac{FC}{\Delta T}} \times 10 = \frac{8086,5[W]}{\frac{0,98}{8}} \times 10 = 10314,4[W] = 8868,8 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

Se selecciona una unidad evaporadora por cada equipo de frío. Elegimos marca

INCON modelo BST44-500 de 9720 $\left[\frac{kcal}{hr} \right]$



BST4 MT

Evaporadores de baja silueta equipados con ventiladores diámetro 300 mm, separación de aletas 4,5 mm.

Tabla de valores técnicos

Modelo	Cap. nominal (Q _n)		Volumen interno (dm ³)	Caudal de aire (m ³ /hr)	Proyección del aire (m)	Descongelación eléctrica (kw)		Conexiones frigoríficas (pulgadas)		Peso aproximado (kg)
	DT 10°C T _{ev} -5°C					Serp.	Band.	Líquido	Aspiración	
	kcal/hr	kw								
BST44-100	1944	2.26	1.80	1345	14	0.92	0.46	1/2	1/2	17
BST44-200	3890	4.52	3.60	2690	14	1.60	0.80	1/2	5/8	29
BST44-300	5832	6.78	5.50	4035	14	2.28	1.14	1/2	7/8	38
BST44-400	7776	9.04	7.30	5380	14	2.98	1.49	1/2	1 1/8	49
BST44-500	9720	11.30	9.20	6725	14	3.64	1.82	1/2	1 3/8	60

Tabla 13 Características Evaporador INCON modelo BST44-500

2.6.4.2 Condensador

El condensador es la parte del equipo que se encarga de expulsar el calor absorbido del interior de la cámara hacia el exterior o medio ambiente.

Los condensadores enfriados por aire se seleccionan comúnmente para funcionar a diferencias de temperatura que oscilan entre 5[°C] y 17[°C].

Adoptando entonces, una temperatura ambiente de 35°C (promedio de verano en la región) y una diferencia de temperatura de 12°C.

$$T_{ext} = 35[^\circ C]$$

$$\Delta T_{ext} = 12[^\circ C] o [K]$$

$$T_{cond} = 47[^\circ C] = 320,15[K]$$

Para la selección se procede a un catálogo. En este caso se utilizará la firma INCON. Este catálogo indica que, para la selección de un condensador, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{cond} = Q_{evap} \times F1 \times F2 \times F3$$

Siendo:

- F1 factor que depende de la diferencia de temperatura entre la temperatura de condensación y la temperatura ambiente.
- F2 factor que depende de la temperatura de evaporación del refrigerante y del tipo de compresor.
- F3 factor que depende del refrigerante seleccionado.

Se determina estos factores de corrección:

Factor de corrección (para la elección de un determinado Dt)									
Dt, °C	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K	0,727	0,818	0,909	1	1,091	1,182	1,273	1,364	1,454

Tabla 14 Factor de corrección F1 Condensador

$$F1 = 1,091$$

Temp. de evaporación	COMPRESORES HERMETICOS temperaturas de condensación °C						COMPRESORES ABIERTOS temperaturas de condensación °C					
	35°	40°	45°	50°	55°	60°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
-40 °C	1.70	1.75										
-35 °C	1.60	1.65	1.70				1.40	1.45				
-30 °C	1.52	1.57	1.62	1.68			1.35	1.40	1.44			
-25 °C	1.46	1.51	1.55	1.61	1.67		1.31	1.35	1.40	1.45		
-20 °C	1.40	1.44	1.47	1.54	1.59		1.27	1.31	1.36	1.40	1.44	
-15 °C	1.35	1.39	1.43	1.48	1.52	1.59	1.24	1.28	1.32	1.35	1.39	1.44
-10 °C	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.52	1.21	1.24	1.28	1.31	1.34	1.40
-5 °C	1.26	1.30	1.33	1.37	1.41	1.47	1.18	1.20	1.24	1.27	1.30	1.35
0 °C	1.23	1.26	1.29	1.32	1.36	1.41	1.15	1.18	1.21	1.24	1.26	1.31
5 °C	1.19	1.22	1.25	1.28	1.31	1.35	1.13	1.15	1.17	1.20	1.23	1.27
10 °C	1.16	1.19	1.21	1.24	1.27	1.29	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.24

Tabla 15 Factor de corrección F2 Condensador

Por interpolación:

$$F2 = 1,4338$$

Refrigerante	R-404A	R-22	R-134a
Fr	1	1,04	1,07

Tabla 16 Factor de corrección F3 Condensador

$$F3 = 1$$

$$Q_{cond} = Q_{evap} \times F1 \times F2 \times F3$$

$$Q_{cond} = 8868,8 \left[\frac{kcal}{hr} \right] \times 1,091 \times 1,4338 \times 1 = 13873,3 \left[\frac{kcal}{hr} \right]$$

Se selecciona un condensador por cada equipo de frío. Elegimos marca INCON modelo ITR 56-1410 de 14720 kcal/hr en funcionamiento normal.



ITR-56 / VENTILADOR 560MM

Tabla de valores técnicos

Con Ventilador Diámetro 560 mm								
Modelo	Rendimiento con Dt 11°C - Nivel de Ruido Normal y Bajo		CAUDAL DE AIRE M ³ /HORA		VOLUMEN INTERNO	CONEXIONES		PESO APROX.
	Kcal/Hrs.		Normal	Bajo	En Dcm ³	Entrada	Salida	En Kg.
	Normal	Bajo						
ITR 56-1410	14720	12437	8160	6280	8.10	7/8	3/4	73

Tabla 17 Características Condensador INCON modelo ITR 56-1410

2.6.4.3 Refrigerante, Compresor y Válvula de Expansión

Previo a la selección del compresor, se debe seleccionar un refrigerante. En esta ocasión, seleccionaremos el R404-a, el cual es muy utilizado y se considera uno de los reemplazantes del R22. Se descartó utilizar el R407-a debido a cuestiones de comercialización del mismo.

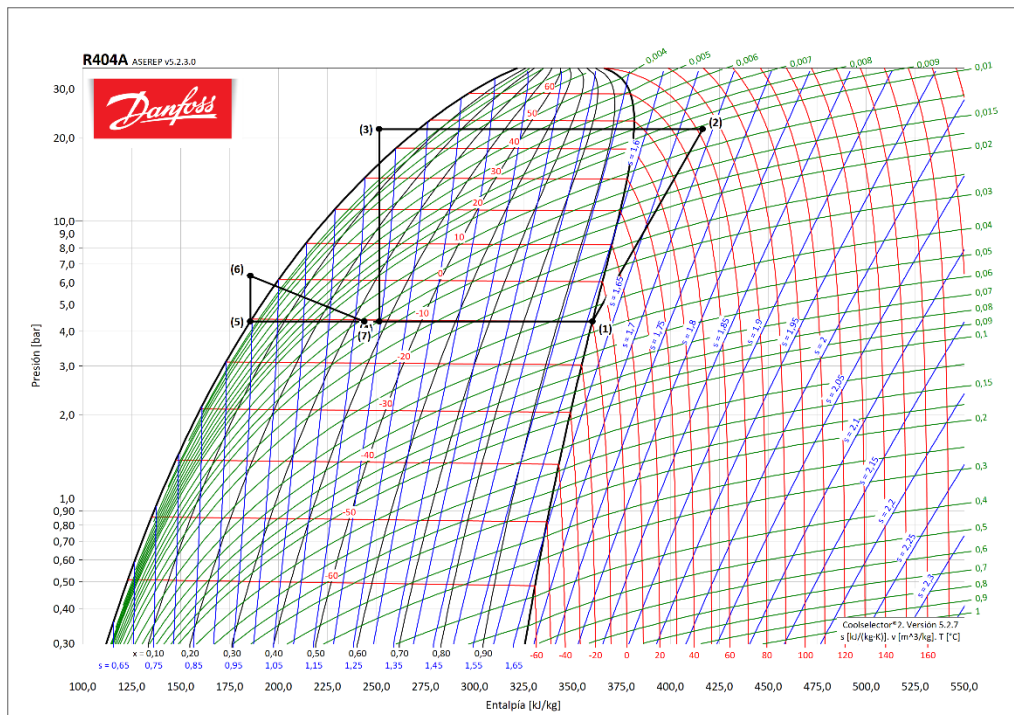


Imagen 43 Gráfica Refrigerante R404A Danfoss

Con los datos que obtuvimos del dimensionamiento de los dos equipos anteriores, estamos en condiciones de seleccionar un compresor adecuado para la instalación.

En este caso seleccionaremos uno que trabaje preferiblemente con refrigerante R-404a.

Entre uno tipo scroll y uno alternativo se opta preferiblemente por el scroll al ser, entre otras ventajas, más eficiente y tener menor vibraciones.

Se selecciona por lo tanto un compresor modelo MLZ030T4A de la marca Danfoss utilizando el software “Coolselector” de la misma marca.

Condiciones de funcionamiento			
Refrigerante:	R404A		
Temperatura de evaporación, punto de	-8,0 °C	Temperatura de condensación, punto de	47,0 °C
Presión de evaporación:	4,649 bar	Presión de condensación:	21,44 bar
Temperatura de evaporación, punto me	-8,2 °C	Subenfriamiento:	12,0 K
Recalentamiento útil:	8,0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento total:	12,0 K
Temperatura del gas de retorno:	0,0 °C	Temperatura del líquido:	34,7 °C
Condiciones nominales:	<i>Personalizar</i>		
Capacidad de refrigeración requerida:	8,000 kW		

Selección: MLZ030T4A, R404A					
Modelo	VLZ035TGA	MLZ030T4B	MLZ030T4A	MLZ038T4B	MLZ038T4A
Tecnología	Scroll Hermético	Scroll Hermético	Scroll Hermético	Scroll Hermético	Scroll Hermético
Configuración	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
Refrigerante	R404A	R404A	R404A	R404A	R404A
Control de capacidad	Velocidad variable	Velocidad fija	Velocidad fija	Velocidad fija	Velocidad fija
Velocidad [rpm]	5719	2900	2900	2900	2900
Refrigeración [kW]	8,000	8,246	8,246	9,814	9,814
COP refrigeración [W/W]	1,99	2,35	2,35	2,43	2,43
Calefacción [kW]	11,76	11,60	11,60	13,86	13,86
COP calefacción [W/W]	2,92	3,30	3,30	3,43	3,43
Potencia [kW]	4,031	3,511	3,511	4,042	4,042
Corriente [A]	5,653	6,228	6,228	6,776	6,776
Frecuencia [Hz]	50	50	50	50	50
Alimentación	- 400 V (415 V) 3 ph*	- 400 V (415 V) 3 ph*	- 400 V (415 V) 3 ph*	- 400 V (415 V) 3 ph*	- 400 V (415 V) 3 ph*
Caudal másico [kg/h]	245,3	252,8	252,8	300,9	300,9

Tabla 18 Características Compresor Danfoss modelo MLZ030T4A

Se puede observar en la tabla anterior, tanto las condiciones de selección de compresor como las recomendaciones que realiza el software de acuerdo con dichas condiciones.

Se selecciona la unidad de velocidad fija antes que la de velocidad variable, ya que, al contar con 4 equipos, contamos con la variabilidad necesaria para la operación de la cámara frigorífica. Si bien el consumo energético de una unidad con velocidad variable puede llegar a ser menor en condiciones de baja carga térmica, es en estos casos cuando funcionaría solo uno de los cuatro equipos instalados y lo esté haciendo a su máxima capacidad, donde no existen ventajas frente a un equipo de velocidad fija.

Se puede observar también el consumo de energía eléctrica del compresor, valor de gran importancia para determinar y dimensionar la instalación eléctrica de estos equipos.

Con el compresor seleccionado, se determina la válvula de expansión del equipo de frío, utilizando el mismo software usado para el equipo anterior, por lo que las condiciones de dimensionamiento son las mismas.

El software determina el modelo ETS 6-25, de la misma marca, que resulta ser una válvula de expansión con motor de etapas, aptas para sistemas de pequeño tamaño.

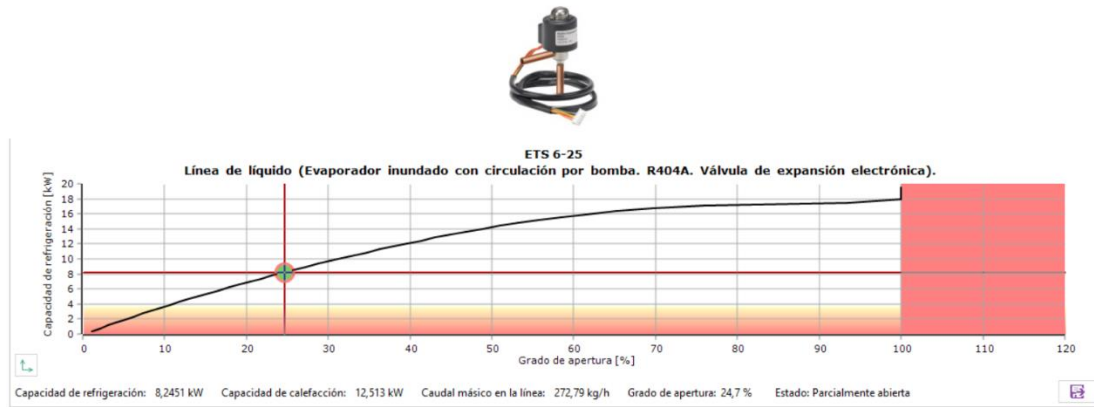


Imagen 44 Gráfica Válvula de expansión Danfoss modelo ETS 6-25

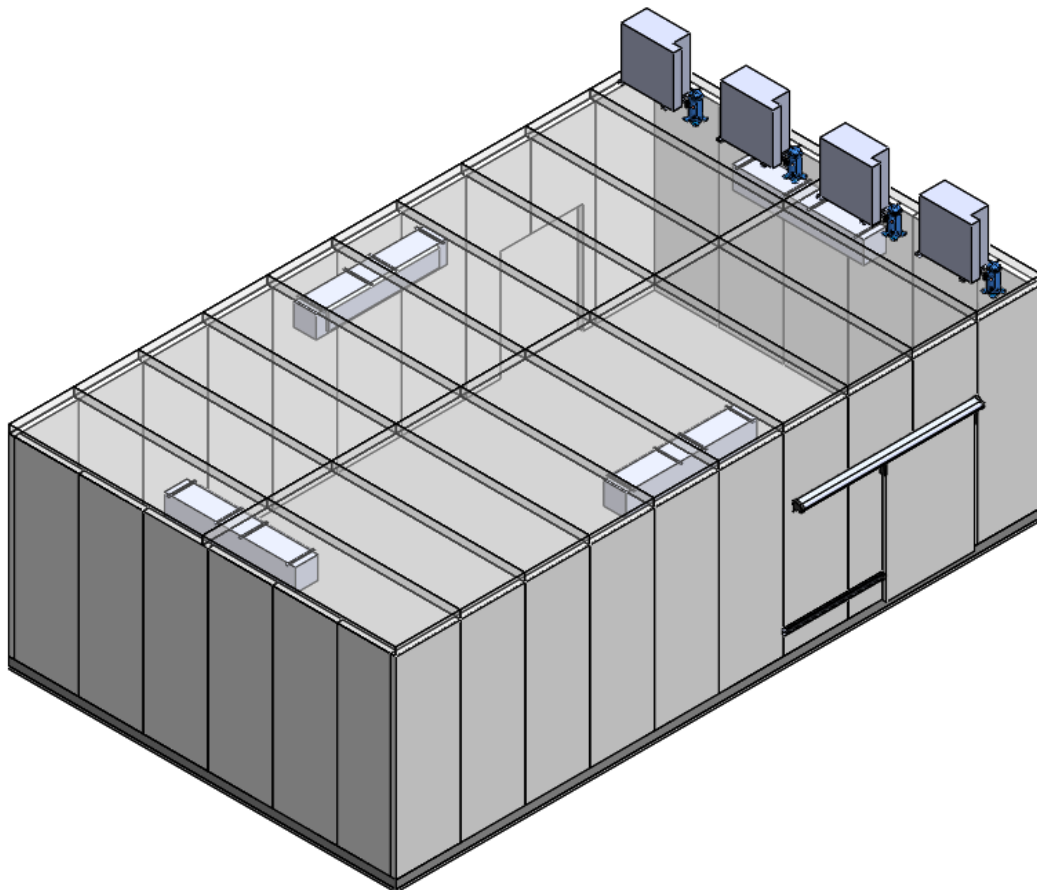


Imagen 45 Modelo Cámara Frigorífica

2.6.5 Automatización y control

Siendo que decidimos instalar un total de cuatro equipos de frío, debido a la carga altamente variable que tendrá la cámara frigorífica y teniendo como objetivo reducir los costos de funcionamiento, se debe diseñar un sistema de control que regule el accionamiento de estos cuatro equipos, así como también su automatización para no depender siempre del accionar de un operario.

El sistema de control debe permitir accionar los distintos equipos de acuerdo con la carga térmica demandada, para llegar al objetivo de temperatura seteada. También debe poder alternar la puesta en marcha de los distintos equipos de manera individual. Esto es cuando ya se haya llegado a la temperatura objetivo y se enciende solo un equipo para poder mantener esta temperatura. La alternancia de los equipos en este caso permite que ninguno de los cuatro quede siempre funcionando, logrando así un uso y desgaste parejo entre los equipos.

Este sistema de control y los elementos que esta requiera (como PLC, relés, termostatos, entre otros) debe ser provisto por la empresa que instale la cámara en la planta, para este proyecto se dirige a la empresa MTH SRL que cuentan con amplia experiencia en el rubro.

2.6.6 Instalación en planta

La instalación de la cámara dentro de la planta está encargada de la empresa MTH SRL, con los equipos dimensionados y seleccionados en este capítulo.

Los equipos evaporadores dentro de la cámara estarán dispuestos de la manera que indica el plano de este equipo que se muestra en el Anexo de este proyecto.

Mismo caso con las unidades condensadoras y compresores de cada equipo de frío, que están dispuestos los cuatro en un lateral, por encima de la cámara frigorífica.

Esta disposición tiene el sentido de poder observar fácilmente qué equipos están funcionando, estando uno fuera de la cámara, además de facilitar el mantenimiento de estos y mejorar el flujo de aire para el funcionamiento del condensador, al no estar frente a una pared. El tablero de control estaría sobre este lateral por debajo de las unidades condensadoras y compresores.

La construcción del suelo de la cámara, con las distintas capas de hormigo y aislación, es realizada por la misma empresa. La fijación de los paneles laterales se realizará con perfiles de PVC específicos para este uso, y la instalación y sujeción de los paneles superiores se hará mediante tirantes anclados a las vigas de la nave industrial.

2.7 Ventilación de la Planta de tratamiento

El objetivo principal de esta sección consiste en diseñar un sistema de ventilación y renovación del aire que cumpla con los estándares necesarios para garantizar la calidad y comodidad en el entorno laboral dentro del sector de tratamiento. Mediante un sistema de ventilación eficiente, se busca eliminar el calor, el polvo, el vapor, los olores, los humos y las impurezas presentes en el aire atrapado en el área.

Para este apartado se utiliza como referencia a la Ley Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de 1972, específicamente a través de su decreto 351/79, Capítulo 11, que trata sobre el tema de la ventilación. Además, también se considera la Resolución N° 444/91, la cual establece los límites máximos permisibles de concentraciones (CPM) en el país. Estos límites representan las condiciones por debajo de las cuales se considera que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos de manera repetida día tras día sin sufrir efectos adversos.

Para la realización de los cálculos se utilizaron tablas y formulas del Manual de ventilación de Salvador Scoda.

2.7.1 Campana de extracción localizada

Se coloca una campana de extracción localizada sobre la puerta del autoclave donde se desprende una gran cantidad de vapores que pueden contener olores y partículas en suspensión.

Se plantea la siguiente disposición de los conductos y la campana:

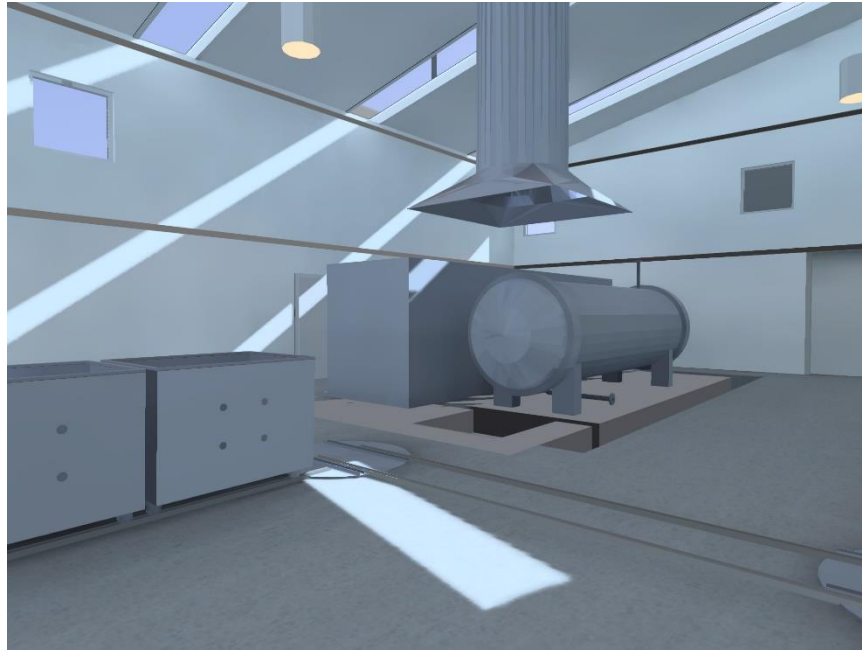
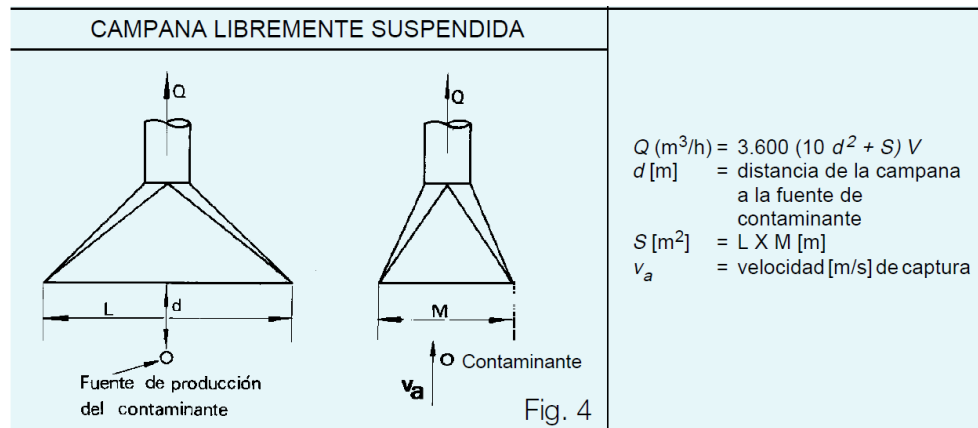


Imagen 46 Disposición de campana de extracción

Se utiliza una campana libremente suspendida considerando una altura hasta la fuente contaminante de 1,5 metros, un largo y ancho de 2 metros, además de una velocidad de captura de 0,5 m/s y velocidad en los conductos de 12 m/s



CAPTACIÓN POR CAMPANA

Tipo de Trabajo	(m/s)	
	V_a	V_c
Gases o vapores	0,25 a 0,5	12
Gases soldadura	0,5 a 1	15
Caldera de vapor	0,75	10
Estufa barnizado	1 a 1,25	8
Taladrado	2	22

Imagen 47 Valores Captación por campana Scoda

Siendo entonces el caudal necesario para los conductos de la campana:

$$d = 1,5[m]$$

$$S = 2[m] * 2[m] = 4[m^2]$$

$$V_a = 0,5 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$Q = 3600 * (10 * (1,5[m])^2 * +4[m^2]) * 0,5 \left[\frac{m}{s} \right] = 47.700 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Ahora se busca las dimensiones del ducto y las perdidas por rozamiento mediante la figura 1 del manual de Scoda:

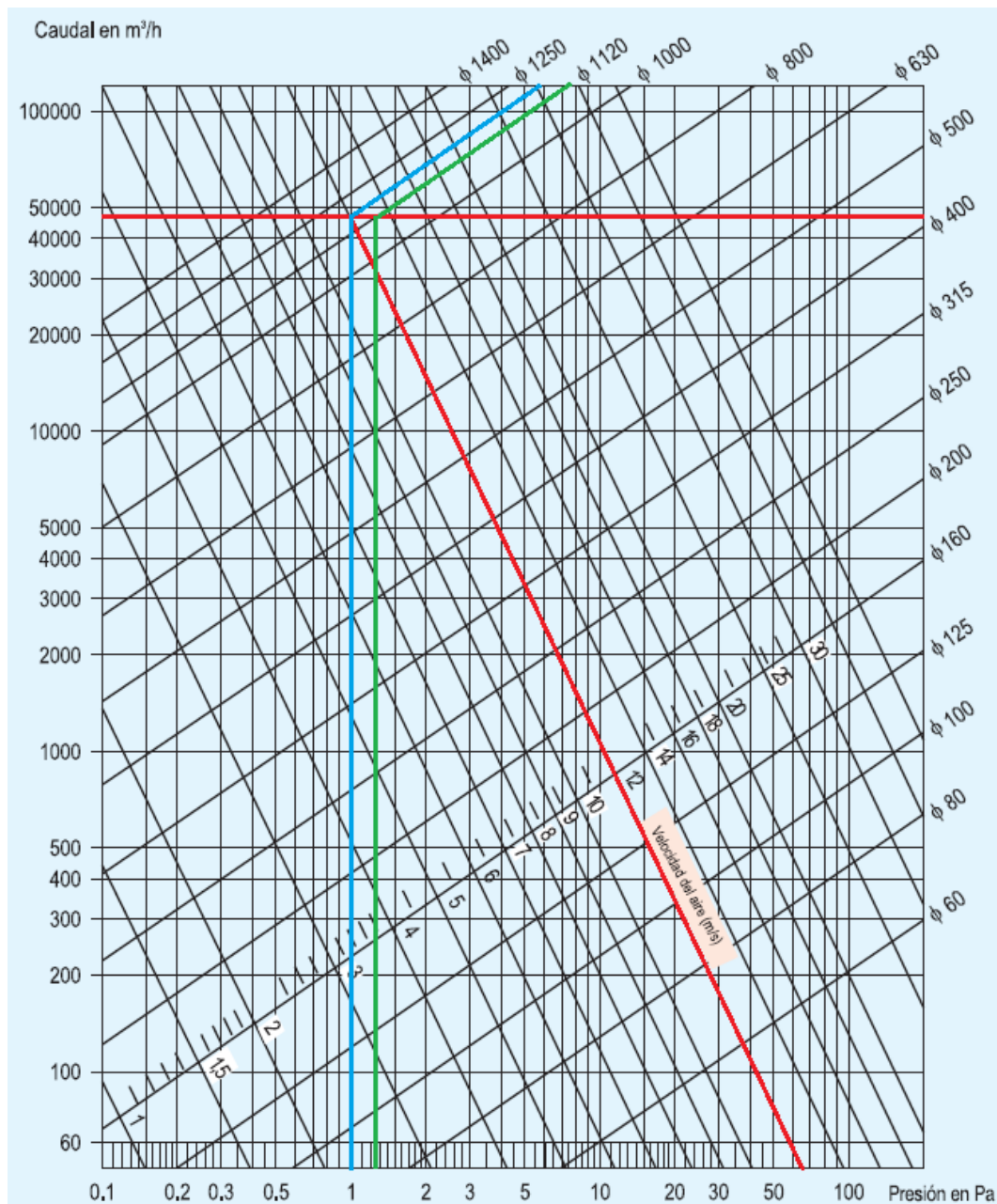


Imagen 48 Diámetros equivalentes de conductos ventilación

Se obtiene un diámetro equivalente entre 1250 y 1120 milímetros, del cual se elige adoptar el más pequeño para no reducir la velocidad del aire en el conducto por debajo de lo recomendado y así evitar que las partículas sólidas en suspensión queden depositadas en el mismo

$$Diametro\ equivalente = 1,120[m]$$

$$Caída\ de\ Presión\ P_u = 1,25 \left[\frac{Pa}{m} \right]$$

Ahora se obtiene la presión dinámica de la Figura 2 del manual de Scoda:

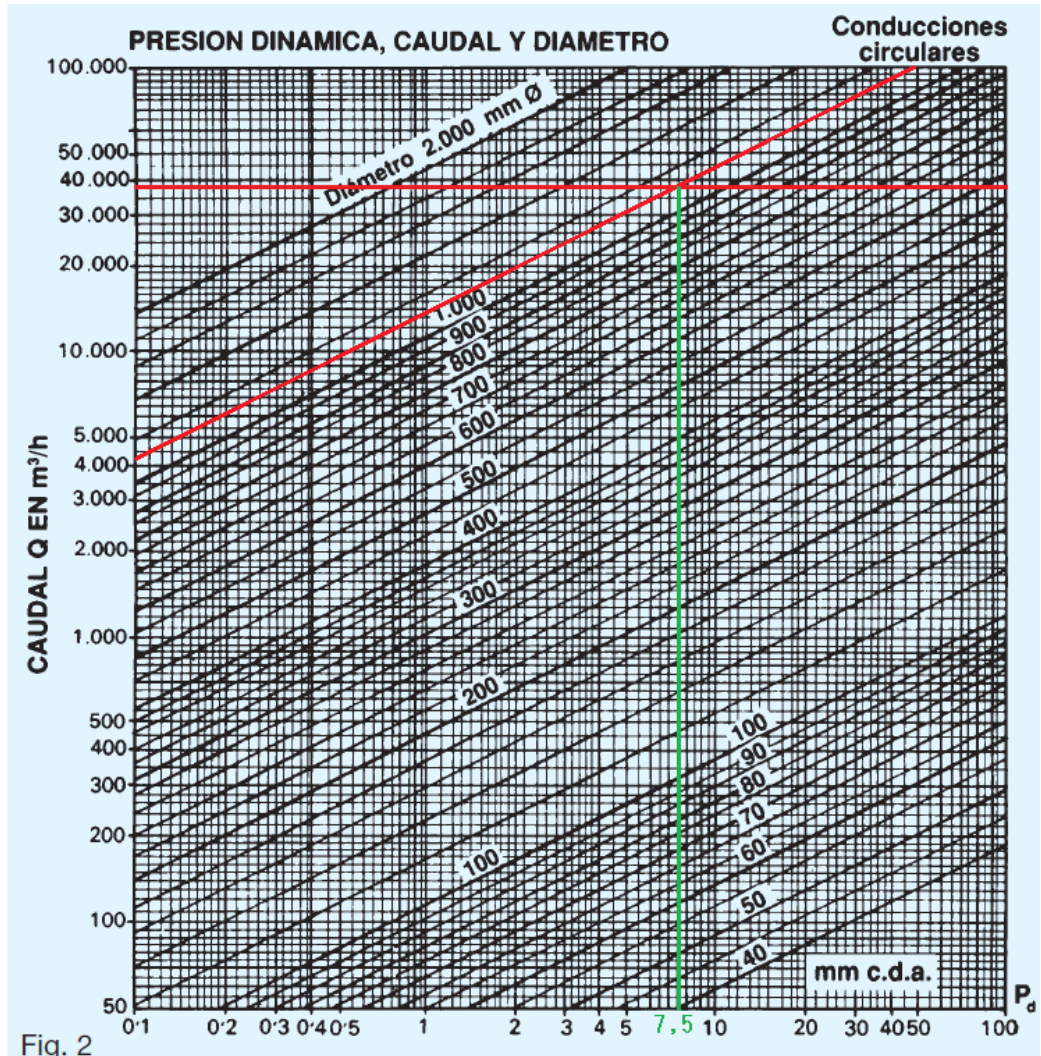


Imagen 49 Presión dinámica de conductos

$$Presión\ dinámica = 7,5 [mmcda]$$

Con los datos obtenidos se puede completar la siguiente tabla a modo de resumen y se calcula las pérdidas en el tramo:

Caudal [m ³ /h]	Longitud [m]	Velocidad Conducto [m/s]	Pérdidas unitarias (Pu) [Pa/m]	Diámetro equivalente [mm]	Área [m ²]	Pérdidas en el tramo Pa[Pa]	Presión dinámica (Pd)[mmca]	Presión dinámica (Pd)[Pa]
47770	4.5	12	1.25	1120	0.984704	5.625	7.5	73.54785

Tabla 19 Tramo de conductos

2.7.2 Accesorios

Ahora se pueden plantear las pérdidas de presión en los accesorios, aunque el único accesorio que se tiene será la campana de extracción

Para la misma se toma un ángulo Alpha de 90°, según la Figura 7 del manual de Scoda se obtiene:

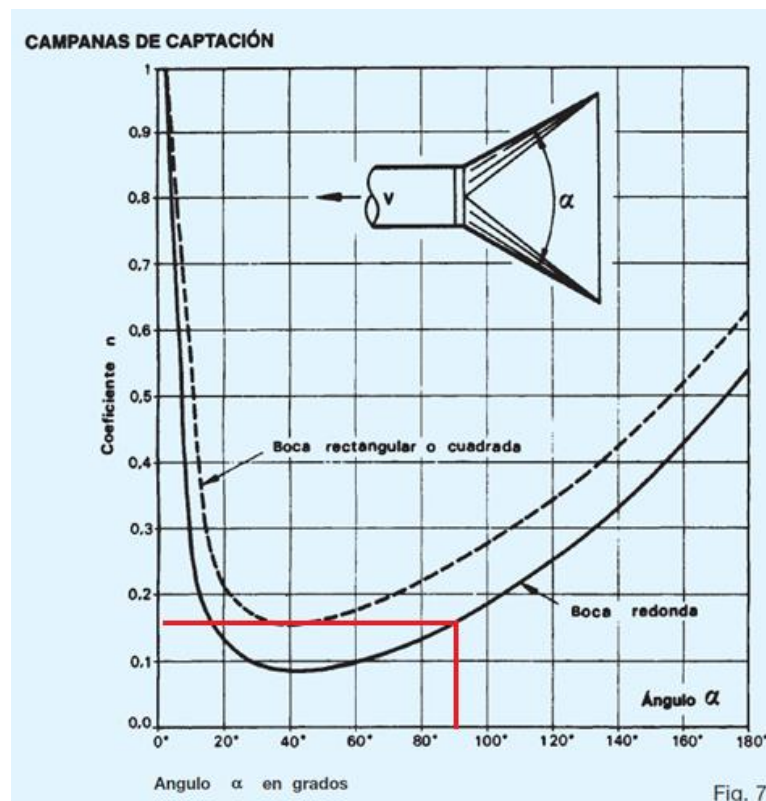


Imagen 50 Pérdidas en campanas

$$n = 0,25$$

$$Perdidas\ en\ campana = n * Pu = 0,25 * 73,55[Pa] = \mathbf{18,39[Pa]}$$

Por lo tanto, la pérdida total en los conductos será la suma de las pérdidas por accesorios y las pérdidas en tramos rectos:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{accesorios} + \Delta P_{Tramos\ rectos} = \mathbf{18,39[Pa] + 5,625[Pa]}$$

$$\Delta P_{total} = \mathbf{24,015 [Pa]}$$

2.7.3 Ventilador

Mediante el software Quick Fan Selection de la marca SODECA ingresamos los siguientes datos para la selección del ventilador:

$$Q_{total} = 47.770 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$Presión\ total = 24,015 [Pa] = 2,45 [mmca]$$

Como resultado se obtiene la selección del siguiente ventilador del tipo axial marca SODECA:

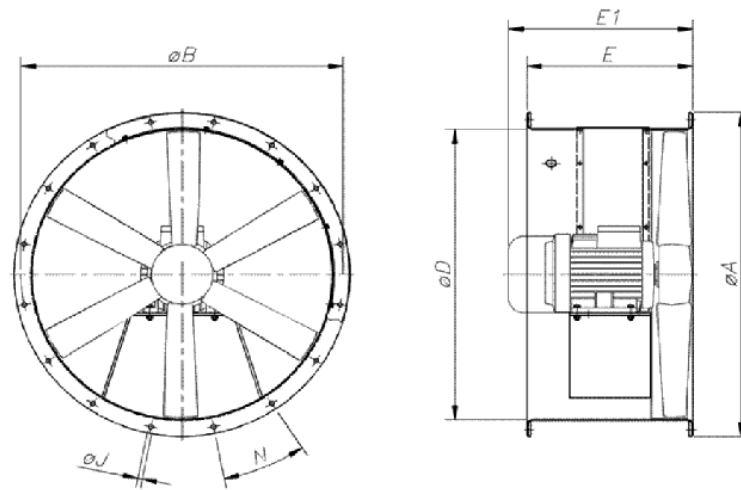
Modelo HCT/ATEX-100-4T-7.5/2G EX EB



Características técnicas

Caudal máximo (m ³ /h)	52470
Velocidad (rpm)	1454
Presión estática máxima (mmca)	70,86
Presión total máxima (mmca)	71,8

Imagen 51 Características del ventilador



Dimensiones

A	B	D	E [1]	E1	J	N
1115	1070	1000	600	636	15	16x22°30

Imagen 52 Dimensiones del ventilador

Se obtiene la siguiente curva característica del ventilador:

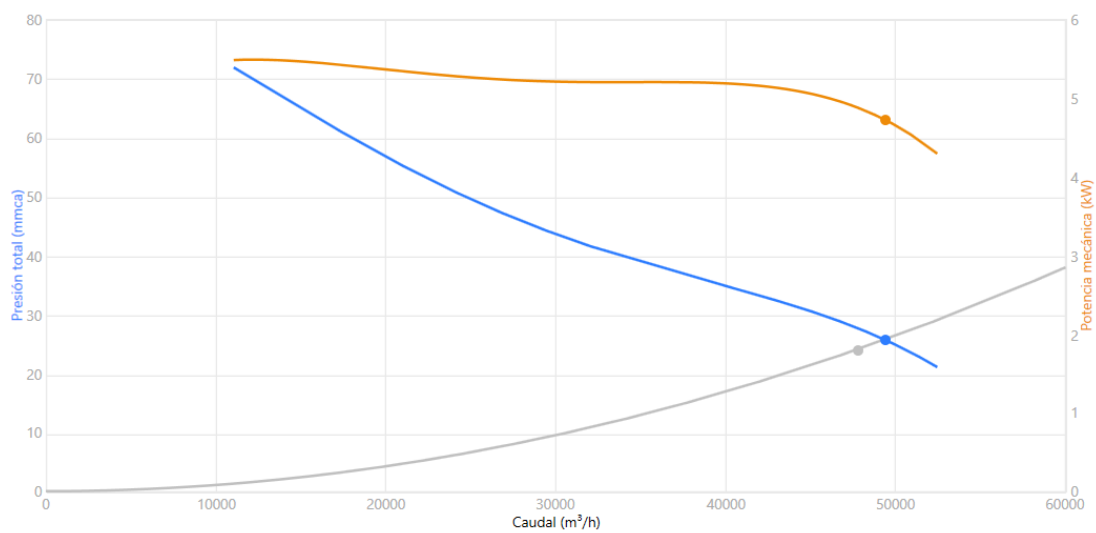


Imagen 53 Curva del ventilador

Punto Servicio	PS
Q (m ³ /h)	49418
Pe (mmca)	6,975
Pd (mmca)	18,71
Pt (mmca)	25,68
Velocidad (rpm)	1454
Máx. temp. (°C)	40
Velocidad salida aire (m/s)	17,49
Eficiencia mecánica (Pt) (%)	73,28%
SFP (kW/m ³ /s)	0,3819
Potencia mecánica (kW)	4,719

Tabla 20 Características de ventilador

Por lo tanto, el diseño del conjunto de extracción localizada queda de la siguiente manera:

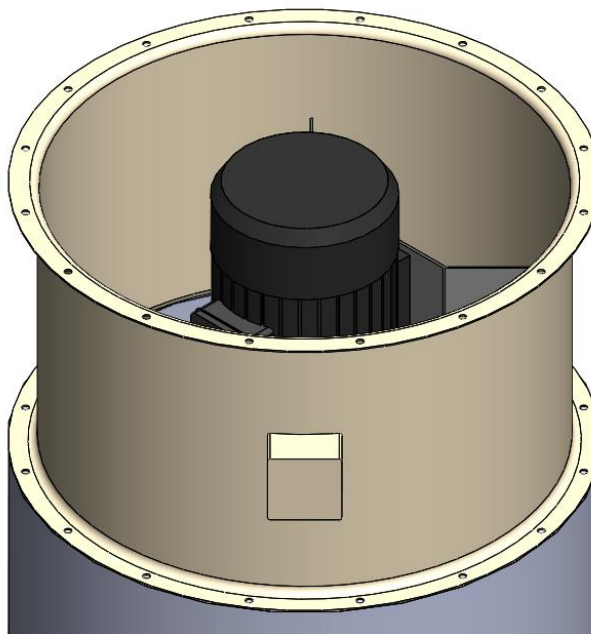


Imagen 54 Ventilador colocado

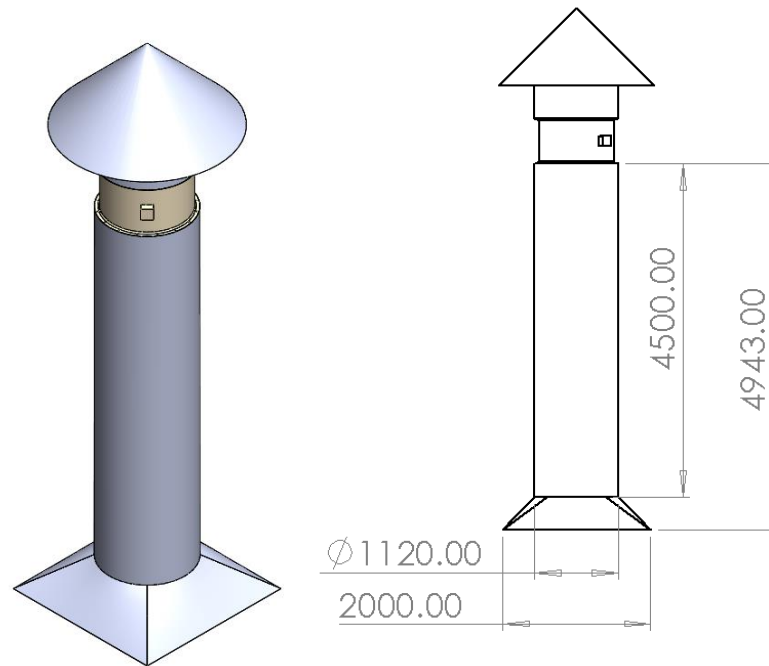


Imagen 55 Conjunto de extracción de aire localizado

2.7.4 Cálculo de extractores

Para la realización del cálculo de las dimensiones y cantidades de los extractores es necesario determinar el volumen de aire total a renovar dentro del área de tratamiento de los residuos. Para ello, se consulta al modelo de tres dimensiones del galpón proyectado realizado en el software Dialux.

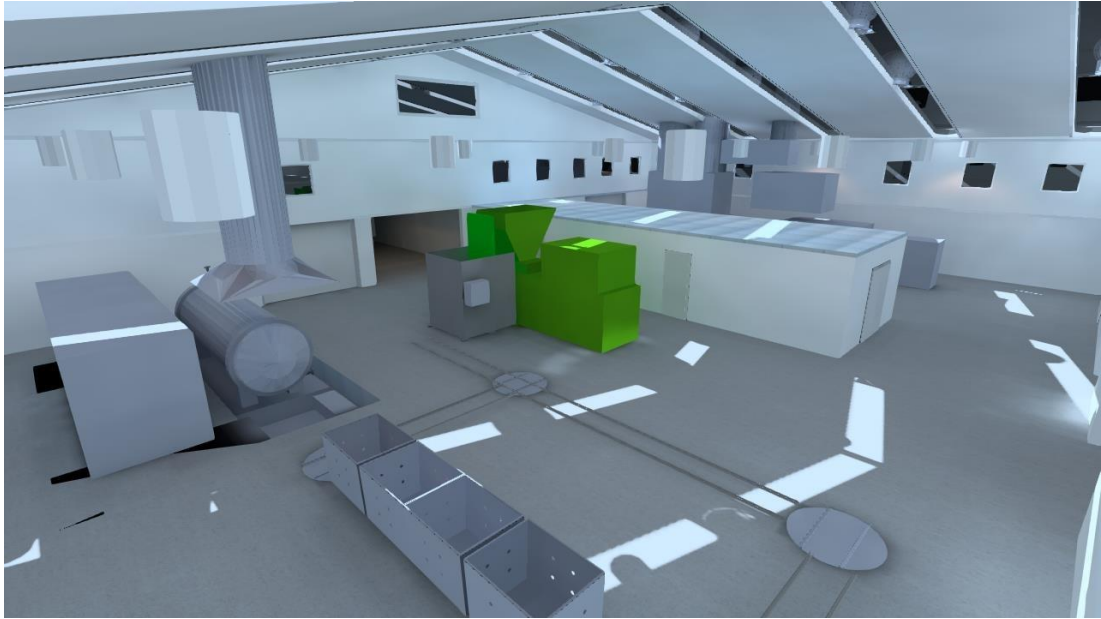


Imagen 56 Galpón planta de tratamiento

Las dimensiones del mismo son:

$$\text{Alto paredes} = 5,2[m]$$

$$\text{Largo planta} = 28,1 [m]$$

$$\text{Ancho planta} = 19,1 [m]$$

$$\text{Alto techo} = 2,9[m]$$

$$\text{Volumen de aire} = (19,1 [m] * 28,1 [m] * 5,2[m]) + \left(\frac{28,1 [m] * 2,9[m]}{2} * 19,1[m]\right)$$

$$\text{Volumen de aire} = 3569,12[m^3]$$

Por recomendaciones de buenas prácticas, se debe asegurar que todo el volumen de aire sea renovado de forma natural, pero para asegurar una correcta ventilación del espacio se diseñará un sistema combinado entre ventilación natural y forzada, mediante la utilización de extractores eólicos, ya que si bien se tiene extracción de aire focalizada sobre el autoclave y la trituradora, se debe contar con una buena ventilación

para asegurarse que no queden olores y/o partículas en el aire. Además se debe reducir la temperatura en el ambiente alrededor del horno, ya que de no ser así, el área de trabajo podría llegar a ser sofocante para los operarios.

Para los cálculos se tiene en cuenta a los portones con los que cuenta la planta como si estuviesen cerrados.

Según la Tabla 1 del manual de ventilación de Salvador Scoda se toma el número de renovaciones del aire de 30 renovaciones por hora indicado para naves industriales con hornos y baños.

RENOVACION DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS	Renov./hora N
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60

Tabla 21 Renovaciones de aire

$$\text{Caudal necesario } Q_n = 30 \frac{\text{Renov}}{h} * \frac{3569,12[m^3]}{1\text{Renov}} = 107.073,6 \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

Ya que este valor sería si no tuviésemos campanas de extracción focalizadas, se realiza una distribución de los extractores de manera que 2/3 de estos estén del lado de la planta donde se ubica el horno.

Para asegurar las renovaciones de aire de forma natural, en cuanto a las ventanas se adopta una velocidad del viento promedio de:

$$V_{viento} = 1,5 \left[\frac{m}{s}\right] = 5,4 \left[\frac{km}{h}\right] = 5400 \left[\frac{m}{h}\right]$$

Utilizando ventanas de 1 x 1 metro:

$$\text{Superficie ventana } S_v = 1[m] * 1[m] = 1[m^2]$$

$$\text{Numero de ventanas} = \frac{Q_n}{V_v * S_v} = \frac{107.073,6 \left[\frac{m^3}{h} \right]}{5400 \left[\frac{m}{h} \right] * 1[m^2]} \approx 19 \text{ ventanas}$$

Se distribuyen 19 ventanas de 1x1 metro a lo largo de todo el galpón.

Además de las ventanas se instalan los siguientes extractores del fabricante PUGLIESE, donde se selecciona el modelo de extractor de 30" de diámetro con base especial para techos con inclinación.

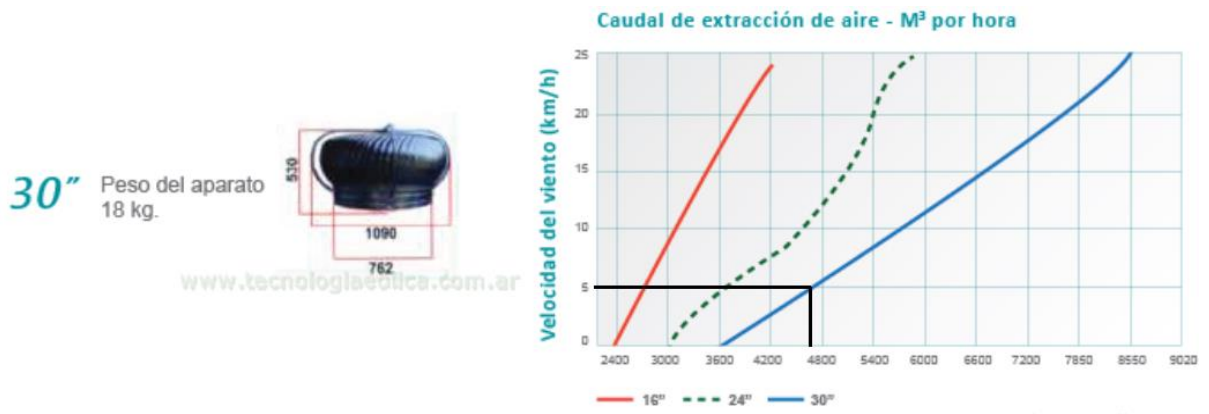


Imagen 57 Extractor 30"

Según la gráfica brindada por el fabricante se tiene que para una velocidad de viento de 5[km/h] el extractor quita del ambiente 4700[m³/h] de aire, la cantidad necesaria de ellos a instalar en el techo de la nave será:

$$N^{\circ} \text{ de extractores} = \frac{Q_{\text{aire}}}{Q_{\text{eólico}}} = \frac{107.073,6 \left[\frac{m^3}{h} \right]}{4700 \left[\frac{m^3}{h} \right]} \cong 23$$

Por lo tanto, colocaremos 24 extractores, quedando 8 del lado del autoclave y 16 del lado del horno como se puede apreciar en la imagen.

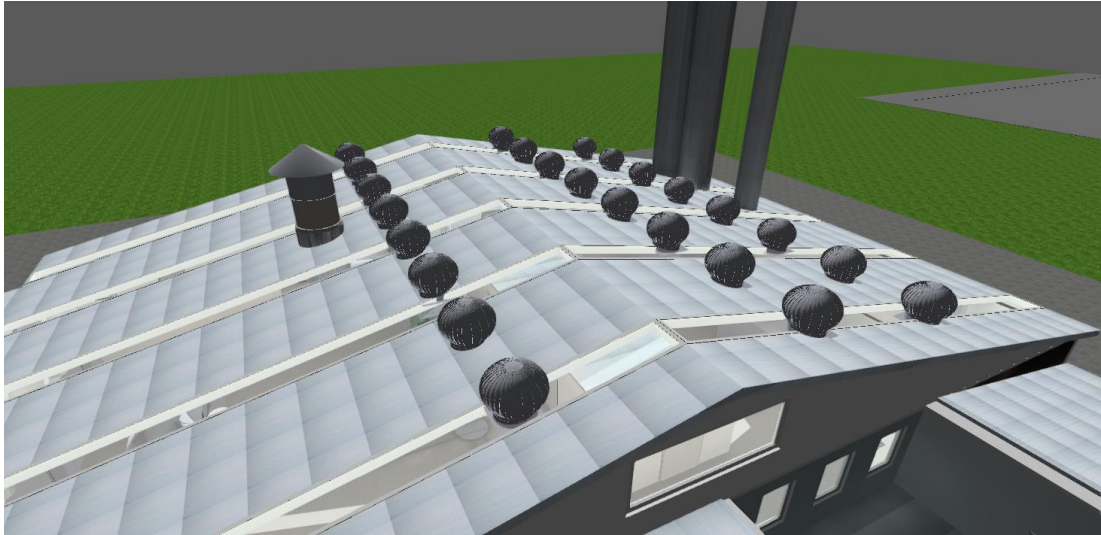


Imagen 58 Techo del galpón con extractores

2.8 Tratamiento de efluentes

El tratamiento de los efluentes producto de la operación de la planta es un tema de vital importancia para el cuidado del ambiente general y principalmente el de los cursos de aguas naturales.

2.8.1 Determinación del volumen de efluentes

En la planta se tiene los siguientes generadores de efluentes líquidos que deben ser tratados para su posterior desecho:

- Condensado de Autoclave.
- Agua residual de lavado en la Lavadora de Contenedores.
- Limpieza de camiones (una vez descargados los contenedores con RR.PP.).
- Lavado y limpieza de planta en general.

El cálculo del volumen diario a tratar por la planta de tratamiento de efluentes se indica en la siguiente tabla:

Equipo	Litros por hora	Horas de trabajo por día	Litros por día
Autoclave	150	4	600
Lavado de vehículos	1120	1	1120
Lavadora de contenedores	1000	2	2000
Lavado de planta	100	4	400

	Efluentes Generados por día [m ³]	Por mes [m ³]	Por año [m ³]
TOTAL	4,12	14,1	169,5

Tabla 22 Cálculo efluentes generados

2.8.2 Planta de tratamiento de efluentes

Para poder desechar por vía cloacal los efluentes generados, estos deben cumplir con ciertos valores mínimos que determina el Decreto Reglamentario de la Ley 6260, en su anexo 1 (Gobierno de Entre Ríos, 1992).

Parámetros	Límites Permitidos	
	A colectora cloacal	A curso de agua
1. pH	5,5 a 10	5,5 a 10
2. Sustancia soluble en éter etílico	<100 mg/lit	<100 mg/lit
3. Aceites Minerales	<10 mg/lit	<10 mg/lit
4. Sulfuro	<1 mg/lit	<1 mg/lit
5. Sólido sedimentable en 10 min.	<5,0 ml/lit	<5,0 ml/lit
6. Sólido sedimentable en 2 hs.	(1)	(2)
7. Sólido flotante	(3)	No debe contener
8. Temperatura	<45°c	<45°c
9. Demanda bioquímica de oxígeno	(4)	(5)
10. Oxígeno consumido	(6)	(7)
11. Demanda de Cloro	(8)	(8)
12. Cianuro	<0,1 mg/lit	<0,1 mg/lit
13. Cromo hexavalante	<0,2 mg/lit	<0,2 mg/lit
14. Cromo trivalente	<2 mg/lit	<2 mg/lit
15. Sustancia reactivas al azul de metileno	<2 mg/lit	<2 mg/lit
16. Cadmio	<0,1 mg/lit	<0,1 mg/lit
17. Plomo	<0,5 mg/lit	<0,5mg/lit
18. Mercurio	<0,005 mg/lit	<0,005 mg/lit
19. Arsénico	<0,5 mg/lit	<0,5 mg/lit
20. Sustancias Fenólicas	<0,5 mg/lit	<0,5 mg/lit

Tabla 23 Límites permitidos de parámetros para efluentes a vía cloacal

Naturalmente el tratamiento de efluentes escapa a los conocimientos e incumbencias de la carrera, es por esto que se decidió afrontar esta problemática con una empresa especialista en el tratamiento de este tipo de residuos para su asimilación como desecho cloacal.

Se contacta con la empresa Control Analítico S.R.L. de la ciudad de Santa Fe, que se dedica a la proyección y construcción de plantas de tratamiento para distintos efluentes, incluidos los generados por la planta.

Se le indica la cantidad y tipo de efluente que se genera en la planta, datos con los cuales se nos propone una planta modelo de tratamiento con los siguientes pasos:

- Tratamiento químico: es la primera etapa del tratamiento del efluente, donde mediante procesos físicos (centrifugado) y químicos (adición de cromo hexavalente y clarificante) se separan las sustancias químicas nocivas del desecho.
- Tratamiento biológico: segunda etapa del tratamiento, una vez clarificado el efluente se enfría en la torre de enfriamiento para que llegue al rango de temperatura adecuado para el crecimiento biológico. Una vez se llegue a esta temperatura, pasa a un receptáculo con fangos activados que se encarga de descomponer el material orgánico contenido.
- Cloración y desecho por vía cloacal: última etapa, en la que se elimina la carga biológica del proceso anterior para dejar el efluente inerte. Se dosifica para esto una solución de hipoclorito de sodio. El efluente estaría ahora en condiciones para ser descartado por vía cloacal.

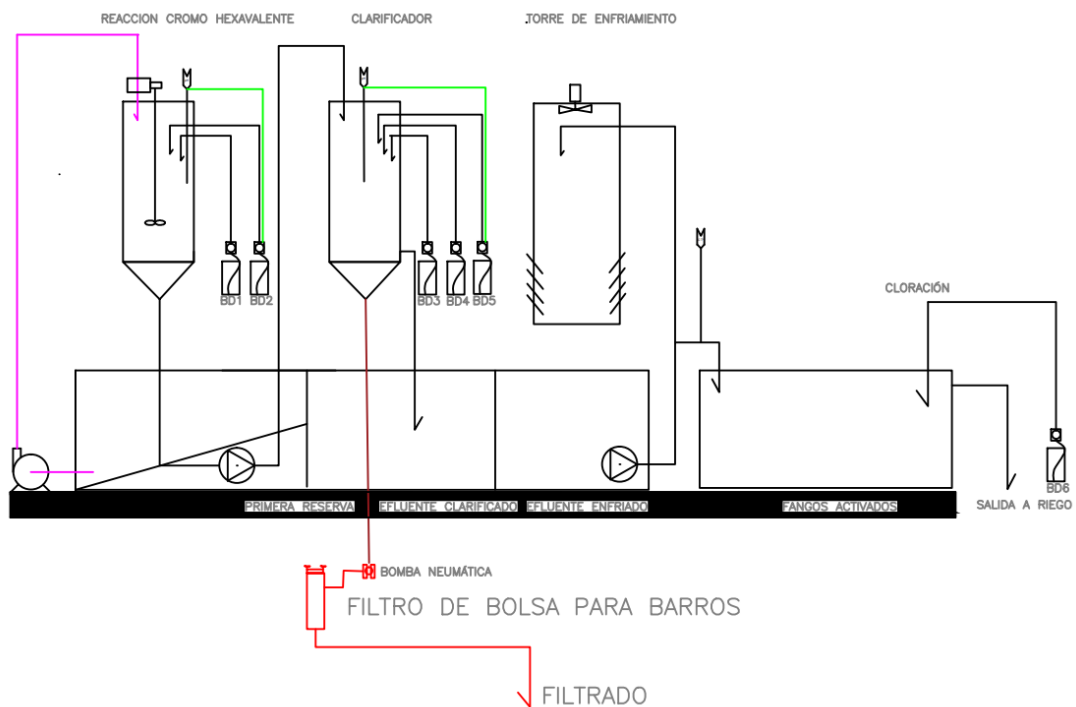


Imagen 59 Esquema planta de tratamiento Control Analítico S.R.L.

En el esquema anterior, cedido por la empresa Control Analítico S.R.L. se pueden observar los distintos equipos que componen esta planta de tratamiento:

- Dos silos de tratamiento de 2600 litros cada uno.
- Bombas dosificadoras de productos para el tratamiento primario con químicos.
- Bombas centrífugas para movimiento de líquidos (a tratar y tratados).
- Planta de tratamiento biológica por fangos activados.
- Filtros de bolsa para retener sólidos de ambos tratamientos (químico y biológico).
- Torre de enfriamiento.

La orden de inversión de esta planta ronda los U\$S 170.000 e incluye tanto la ingeniería de diseño como el P&ID.

A continuación, se muestra como quedaría la instalación de esta planta en el predio del proyecto:

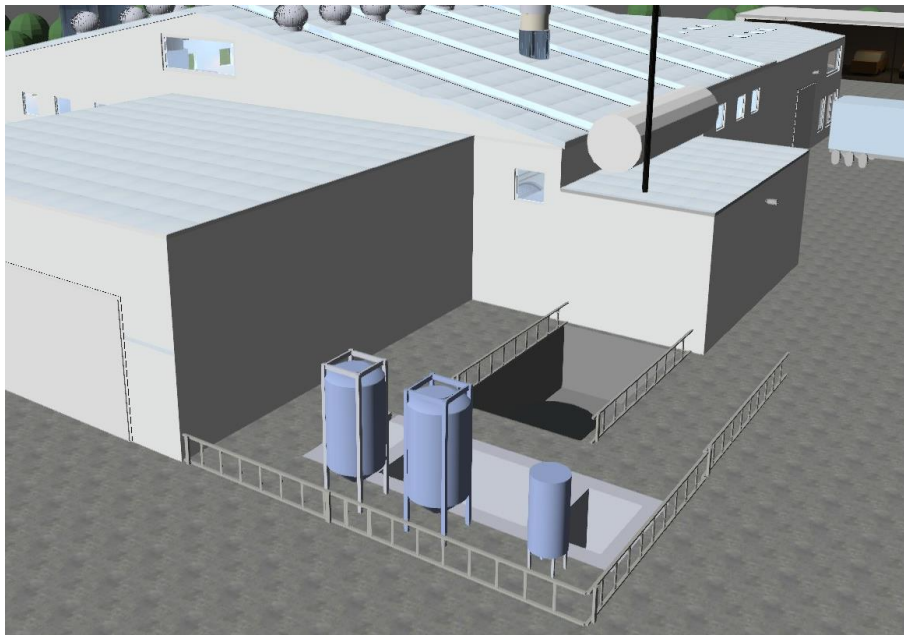


Imagen 60 Disposición Planta de efluentes

2.9 Instalación de agua potable

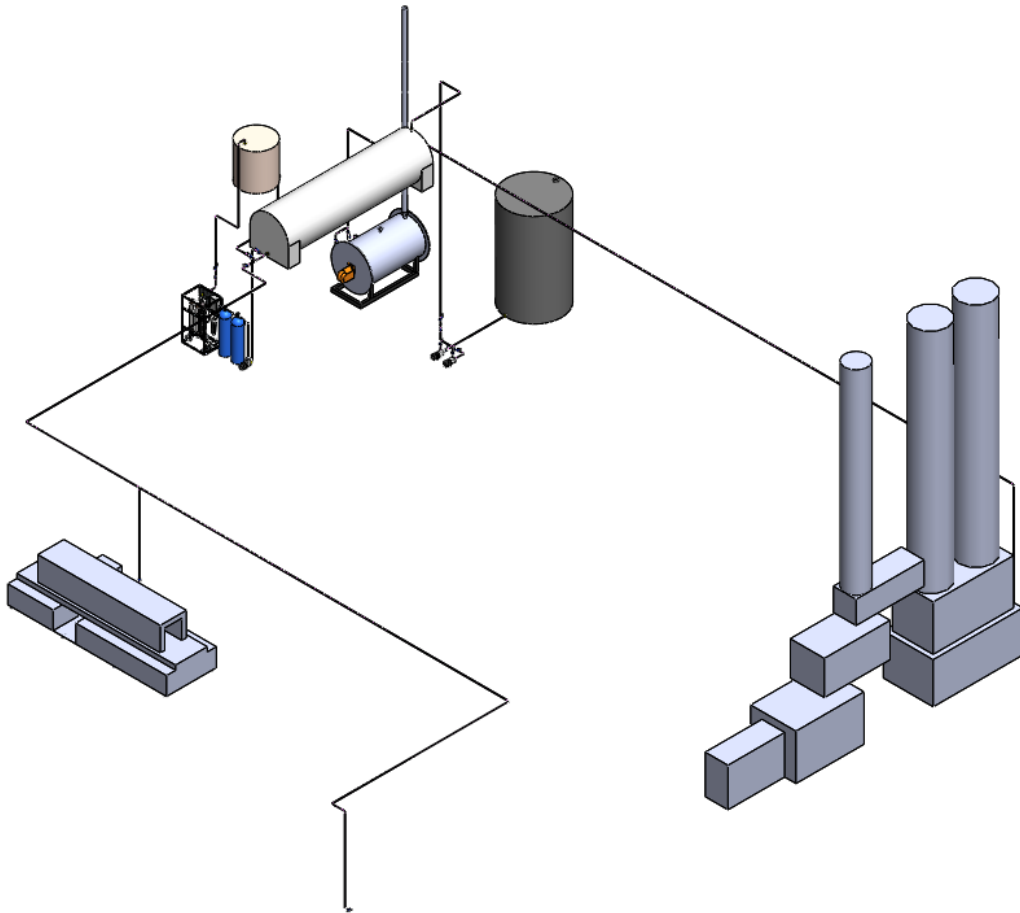


Imagen 61 Distribución de agua

2.9.1 Dimensionamiento de Tanques y Cisternas

Para dimensionar la cisterna y el tanque general de la planta de tratamiento primero se toma la cantidad de puntos de consumo que se tiene en la misma, así como sus consumos.

Los distintos consumos son:

- Caldera
- Equipo de tratamiento de gases (Horno pirolítico)
- Equipo de osmosis inversa
- Lavadora de contenedores

- Hidrolavadora

Además, se debe aclarar que tanto la caldera como el equipo de tratamiento de gases utilizan el agua previamente tratada por el equipo de Osmosis. Por lo tanto, el consumo de estos está contemplado dentro del consumos de este equipo, el cual para generar 1000 Litros de agua tratada requiere de 1600 Litros, de los cuales 600 van al desagüe como agua de rechazo según la empresa consultada “Ultrapura”.

Según Incol S.A., la empresa que provee la caldera y el horno pirolítico, el consumo de estos es de 600 L/h y 75 L/h. La caldera requiere 400 L/h para generar el vapor necesario por el autoclave y 200L/h para el vapor requerido por la lavadora de contenedores. Esta última utiliza el vapor directo (mezcla) para calentar el agua utilizada para lavar los contenedores, con un consumo máximo de 1000L/h para lavar 200 contenedores en una hora según la empresa consultada SIMES-SA.

Por último, se tiene el consumo de la hidrolavadora, para la cual se toma como ejemplo una marca Kärcher modelo HD 6/15 C 11506270 con un caudal de agua de 560 L/h.

Luego de plantear cuantas horas al día se utilizan estos equipos, se realiza el siguiente cuadro:

	Puntos de Consumo	Consumo Litros/h	Horas / día	Litros/día		Puntos de Consumo	Consumo Litros/h	Horas / día	Litros día
Agua tratada	Caldera (Autoclave + vapor lavadora de cont.)	600	10	6.000	→→→	Equipo Osmosis inversa	1.600	6.3	10.080
	Tratamiento de gases (Horno)	75	4	300					
					Agua potable	Lavadora de contenedores	1.000	2	2.000
						Hidrolavadora	560	3	1.680
						Consumo total máximo Litros/h	3.160	TOTAL Litros/día	13.760

Tabla 24 Consumos de agua

Se obtiene un consumo total de agua o reserva total diaria de **13.760 litros al día** para el área de tratamiento de residuos.

Para el dimensionamiento de la cisterna y el tanque principal, si bien en el reglamento de obras sanitarias de la nación indica que para viviendas la reserva total diaria debe dividirse de manera que el tanque principal (o tanque de reserva) contenga al menos 1/3 del total de la reserva diaria y que la cisterna (o tanque de bombeo) contenga al menos 1/5 de esta, se opta por que ambos tengan la capacidad de almacenar la cantidad de litros que se consumiría en un día, por lo que se tendría una reserva total almacenada para 2 días, es decir de al menos 27520 Litros ya que el agua es un elemento crucial para el funcionamiento de prácticamente todos los equipos de la planta y una falta de provisión de esta generaría un volumen de tratamiento menor o el cese del funcionamiento de la planta hasta que se reestablezca el servicio.

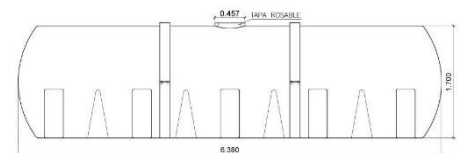
Por lo tanto, como cisterna elegimos la siguiente de la marca Rotoplas de 15000 litros con 3,98 metros de altura y diámetro de 2,37 metros:

15 MIL LITROS



Imagen 62 Cisterna Rotoplas 15000 litros

Para el tanque principal se selecciona el siguiente de la marca TecnoTanques también de 15000 Litros de disposición horizontal de 6,38 metros de largo y 1,7 metros de alto



Color	largo	alto
TANQUE 10,000 LTS.	6.38 MTS	1.70 MTS
<input checked="" type="checkbox"/> Estándar	<input checked="" type="checkbox"/> Ref. 20%	

Imagen 63 Tanque de reserva 15.000 Litros

Finalmente se selecciona un tanque para contener al agua tratada de 2000 litros de la marca Waterplast, de manera que pueda contener el agua tratada a utilizarse en un día y al ser de polietileno de alta densidad se asegura la pureza del agua tratada ya que el polietileno no afecta de ninguna manera el producto que contiene.



CÓDIGO	CAPACIDAD	DIÁMETRO	ALTURA
T2000*	2.000l	145cm	160cm

Imagen 64 Tanque de agua tratada 2.000 Litros

2.9.2 Cálculo de los diámetros de tubería

2.9.2.1 Desde tanque de reserva a los puntos de consumo de agua potable

Ya dimensionados los tanques, procedemos a calcular los gastos producidos en cada punto de consumo y posteriormente los diámetros de tubería en cada equipo, como establece la sección “Diámetros de las Conexiones” de las Normas de instalaciones sanitarias de Obras Sanitarias de la Nación (OSN).

Este establece que, para casos de negocios u oficinas, el gasto se calcula con la siguiente fórmula (tomando ya el factor de simultaneidad):

$$Gasto = N^{\circ} \text{ de artefactos} \times 0,3\text{Lts}$$

Entonces, para cada punto de consumo se tiene:

	Consumo Litros/h	Consumo Litros/seg
Equipo Osmosis inversa	1600	0.44444444
Lavadora de contenedores	1000	0.27777778
Hidrolavadora	560	0.15555556

Tabla 25 Consumos Tanque de reserva

Luego, con estos gastos, y la presión mínima que establece el manual de OSN de 4 [mca], se dirige a la tabla de página 20 de dicho manual para obtener los diámetros de cañería.

VI — PROVISION DE AGUA FRIA

Gasto l/seg. corerspondiente a las distintas conexiones y cañerías:

Presión en m. disponible	0,013 m.	0,019 m.	0,025 m.	0,032 m.	0,038 m.	0,050 m.	0,060 m.	0,075 m.
4	0,24	0,52	1,06	1,60	2,84	5,08	7,85	10,39
5	0,28	0,60	1,18	2,02	3,19	5,70	8,81	11,65
6	0,33	0,66	1,30	2,22	3,51	6,26	9,68	12,81
7	0,35	0,72	1,41	2,40	3,79	6,77	10,46	13,85
8	0,37	0,75	1,48	2,53	4,00	7,13	11,03	14,60
9	0,40	0,78	1,56	2,67	4,22	7,46	11,64	15,41
10	0,42	0,81	1,63	2,79	4,41	7,87	12,15	16,10
11	0,44	0,84	1,69	2,91	4,60	8,21	12,69	16,79
12	0,46	0,87	1,75	3,03	4,79	8,54	13,21	17,48
13	0,48	0,90	1,81	3,15	4,98	8,88	13,73	18,17
14	0,49	0,93	1,87	3,24	5,12	9,14	14,13	18,69
15	0,51	0,96	1,92	3,32	5,25	9,36	14,47	19,16
16	0,52	0,99	1,97	3,40	5,37	9,59	14,82	19,62
17	0,54	1,02	2,02	3,49	5,51	9,84	15,22	20,14
18	0,55	1,05	2,08	3,57	5,64	10,07	15,56	20,60
19	0,57	1,08	2,13	3,65	5,77	10,29	15,91	21,06
20	0,58	1,11	2,18	3,73	5,89	10,52	16,26	21,52
21	0,60	1,14	2,23	3,82	6,04	10,77	16,65	22,04
22	0,61	1,17	2,29	3,90	6,16	11,00	17,00	22,50
23	0,62	1,19	2,33	3,97	6,27	11,19	17,31	22,91
24	0,63	1,21	2,38	4,05	6,40	11,42	17,66	23,37
25	0,64	1,22	2,42	4,12	6,51	11,62	17,96	23,77
26	0,65	1,24	2,47	4,20	6,64	11,84	18,31	24,23
27	0,67	1,26	2,51	4,27	6,75	12,04	18,62	24,64
28	0,68	1,28	2,55	4,35	6,87	12,27	18,97	25,10
29	0,69	1,30	2,59	4,42	6,98	12,46	19,27	25,50
30	0,70	1,32	2,62	4,50	7,11	12,69	19,62	25,96
31	0,71	1,34	2,66	4,57	7,22	12,89	19,92	26,37
32	0,72	1,36	2,70	4,65	7,35	13,11	20,27	26,83
33	0,73	1,37	2,74	4,72	7,46	13,31	20,58	27,23
34	0,74	1,39	2,77	4,80	7,58	13,54	20,93	27,70
35	0,76	1,41	2,81	4,87	7,69	13,73	21,23	28,10

Tabla 26 Diámetros de cañerías - OSN

Se obtiene los siguientes diámetros:

	Consumo Litros/h	Consumo Litros/seg	Consumo m3/s	Diámetro en pulgadas
Equipo Osmosis inversa	1600	0.444444444	0.00044	3/4"
Lavadora de contenedores	1000	0.277777778	0.00028	3/4"
Hidrolavadora	560	0.155555556	0.00016	1/2"
Salida del tanque (Suma de consumos)	3160	0.877777778	0.00088	1"

Tabla 27 diámetros de consumos del Tanque de reserva

Si bien para la hidrolavadora se puede usar un diametro de 1/2, al compartir cañería con la lavadora de contenedores se utiliza cañería de 3/4".

Se verifica las velocidades del agua con el caudal antes calculado y con estos nuevos diámetros para los distintos consumos. Según la norma estas velocidades deben estar entre 0,5 y 2 m/s:

$$V = \frac{Q}{A}$$

- Equipo de osmosis inversa:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00044 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2} = 1,55 \frac{m}{s}$$

- Lavadora de contenedores:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00028 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2} = 0,98 \frac{m}{s}$$

- Hidrolavadora:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00016 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} \times (0,013m)^2} = 0,56 \frac{m}{s}$$

- Salida de tanque:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00088 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} \times (0,0254m)^2} = 1,73 \frac{m}{s}$$

Con los diámetros de las tuberías ya calculados y dimensionados, supondremos la ubicación de las tuberías desde el tanque de reserva hasta los puntos de consumo (equipo de osmosis inversa, hidrolavadora y lavadora de contenedores) así como verificar luego las pérdidas que se tiene al ubicar el tanque a una altura de 4,5 metros ya que se debe lograr la presión mínima de 4 [mca] en cada punto de consumo (como dice la norma de OSN).

A esta altura de 4,5 metros desde el suelo del tanque le sumamos 1,5 metros de altura estática cuando el tanque está lleno, por lo que la altura estática total es de 6 metros.

A continuación, se añaden algunas fotos para entender la distribución de agua de la planta.

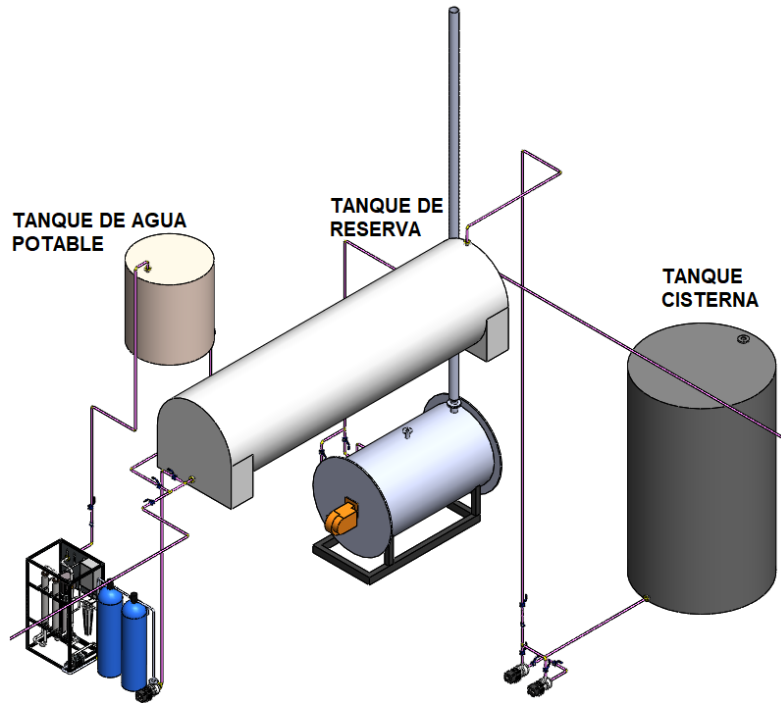


Imagen 65 Disposición de tanques

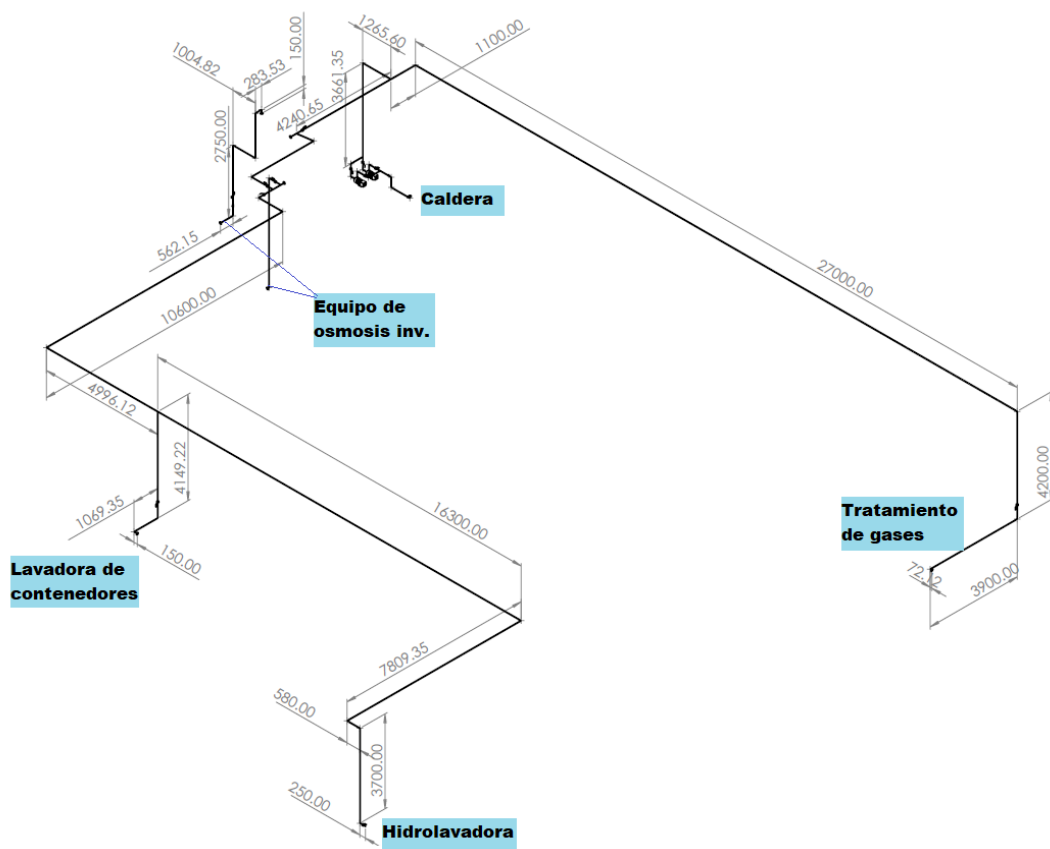


Imagen 66 Disposición de consumos de agua

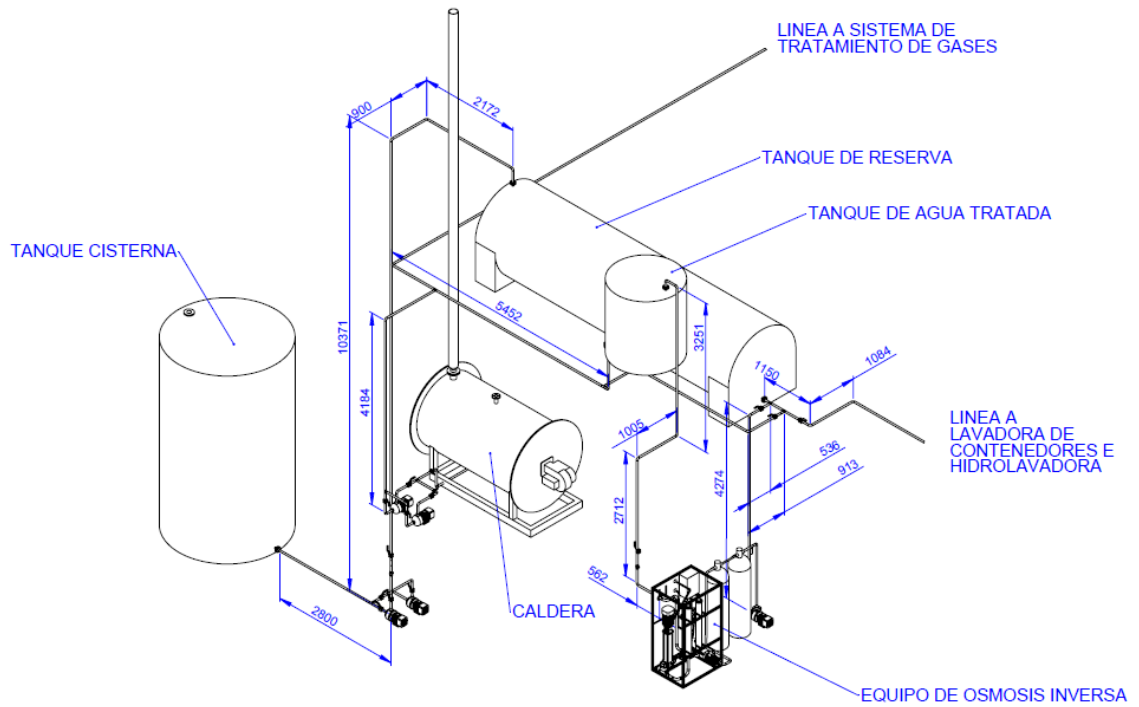


Imagen 67 Vista salida de tanque de reserva y alimentación de caldera

Ya conociendo la distribución de las cañerías de agua en la planta, se sigue con los cálculos y la verificación de esta instalación.

Las fórmulas usadas fueron:

Altura total:

$$H_T = H_{estática} + H_{pérdida}$$

Altura de Pérdida:

$$H_{pérdida} = H_r = \frac{\lambda \times L_T \times V^2}{2 \times g \times D}$$

Donde:

- Coeficiente de rozamiento: λ es sacado del diagrama de Moody (página 23 del apunte de tablas de la cátedra) y relaciona el Número de Reynolds (Re) como la rugosidad relativa (k/D).

$$Re = \frac{V \times D}{\gamma} \rightarrow \gamma \text{ Viscosidad dinámica}$$

- Viscosidad cinemática γ

TABLA 2

DENSIDAD RELATIVA Y VISCOSIDAD CINEMATICA DE ALGUNOS LIQUIDOS

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla $\times 10^{-6}$)

Temp. °C	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Viscos. cinem. m ² /seg
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Tabla 28 Mecánica de los fluidos e hidráulica de Ranald V. Giles (Tabla 2 Pág.247)

$$\gamma = 1,007 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

- $\frac{k}{D} \rightarrow k$ Rugosidad del material de la tubería
- Material: Cañerías de polipropileno

$$k = 0,015 [mm]$$

- Longitud total: L_T es la suma de la longitud de la cañería y la longitud equivalente de cada accesorio: $L_T = L + L_{eq}$.

- Velocidad: V velocidad con la que fluye el fluido en la tubería. $V = \frac{Q}{A}$.
- Aceleración de la gravedad: g .
- Diámetro de la tubería: D .

Como se utiliza distintos diámetros para las tuberías en la instalación, se calculan las pérdidas en cada tramo con distinto diámetro. Para simplificar la visualización de estos, se utilizó el programa Excel para crear una tabla con estos cálculos, así como detallando la cantidad de accesorios utilizados:

Gravedad	9.8			
Consumos	Equipo Osmosis inversa	Lavadora de contenedores	Hidrolavadora	Salida del tanque
Velocidad de circulación [m/s]	1.55	0.98	0.56	1.73
Coef. de rugosidad K[mm]	0.015			
γ Visocidad cinemática [m ² /s]	1,007*10 ⁽⁻⁶⁾			
Diámetros [m]	0.019	0.019	0.019	0.025

Tabla 29 Resumen Diámetros de cada consumo

Equipo de osmosis inversa					
Diam = 19.05mm				Cálculo de Perdidas	
Accesorios	Cantidad	Long. Equiv. Un.	Long Equiv. [m]	K/d	0,00078947
Codo normal	2	0,4	0,8		
Llave de paso	1	0,15	0,15		
Tubería recta 3/4"			4,868		
				Reynols	29245,283
				λ (diag. De Moody)	0,026
		Total	5,818	Altura de perdidas Hr	0,97588982
Diametro = 25.4				Cálculo de Perdidas	
Accesorios	Cantidad	Long. Equiv. Un.	Long Equiv. [m]	K/d	0,0006
T de desvío	1	1,8	1,8		
Reducción	1	0,18	0,18		
Tuberia rectal "			0,15	Reynols	42949,3545
				λ (diag. De Moody)	0,024
		Total	2,13	Altura de perdidas Hr	0,25064449
				Hr TOTAL	1,22653431

Verificación de presión mínima		
H est T.A	6	
Hr	1,22653431 3	
H est T.A - Hr	4,77	> 4 mca
Verifica Pmin	SI	

Hidrolavadora		
Diam = 19.05mm		Cálculo de Perdidas

Accesorios	Cantidad	Long. Equiv. Un.	Long Equiv. [m]		
Codo normal	7	0.4	2.8	K/d	0.000789474
Llave de paso	1	0.15	0.15		
T de desvío	1	0.4	0.4		
Tubería recta 3/4"			45.3		
		Total	48.65		
Diámetro = 25.4				Cálculo de Perdidas	
Accesorios	Cantidad	Long. Equiv. Un.	Long Equiv. [m]		
T de desvío	2	1.8	3.6	K/d	0.0006
Reducción	1	0.18	0.18		
Llave de paso	1	0.18	0.18		
Tubería recta 1"	1		1.15		
		Total	5.11		
				Reynols	10566.03774
				λ (diag. De Moody)	0.038
				Altura de perdidas Hr	1.5568
				Reynols	42949.35452
				λ (diag. De Moody)	0.024
				Altura de perdidas Hr	0.103275789
				Hr TOTAL	1.66

Verificación de presión mínima		
H est T.A	6	
Hr	1.66	
H est T.A - Hr	4.34	> 4 mca
Verifica Pmin	SI	

Tabla 30 Cálculo de pérdidas Hidrolavadora

Se puede ver que con una altura de tanque de reserva de 4,5 metros por sobre el nivel del suelo, se verifica la presión mínima en cada punto de consumo.

A continuación, se realizan los mismos cálculos para los consumos del tanque de agua tratada, el cual tiene los siguientes consumos:

Consumo Litros/h	Consumo Litros/seg	Consumo m3/s	Diámetro en pulgadas	Diámetro en metros
------------------	--------------------	--------------	----------------------	--------------------

Bombas de Caldera	600	0.16666667	0.00017	1/2"	0,013
Tratamiento de gases (Horno)	75	0.02083333	0.00002	1/2"	0,013

Tabla 31 Consumos de agua tratada

Se verifica las velocidades del agua con el caudal antes calculado y con estos nuevos diámetros para los distintos consumos. Según la norma estas velocidades deben estar entre 0,5 y 2 m/s:

$$V = \frac{Q}{A}$$

- Bombas de caldera:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00017 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} \times (0,013m)^2} = 1,28 \frac{m}{s}$$

- Tratamiento de gases:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00002 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} \times (0,013m)^2} = 0,15 \frac{m}{s}$$

Si bien para la parte de tratamiento de gases no cumple con la velocidad de la norma, el diámetro de ½ “ es el más pequeño que puede usarse, y debido al consumo tan bajo que tiene este equipo, la velocidad del agua será muy baja, pero al cumplirse de todos modos con el caudal requerido, se continua avanzando con dicho diámetro de cañería.

Con los diámetros de las tuberías ya calculados y dimensionados, supondremos la ubicación de las tuberías desde el tanque de reserva hasta los puntos de consumo (Bombas de la caldera y tratamiento de gases del horno) así como verificar luego las pérdidas que

se tiene al ubicar el tanque de agua tratada a una altura de 4,5 metros ya que se debe lograr la presión mínima de 4 [mca] en cada punto de consumo (como dice la norma de OSN).

A esta altura de 4,5 metros desde el suelo del tanque le sumamos 1,1 metros de altura estática cuando el tanque está lleno, por lo que la altura estática total es de 5,6 metros.

Utilizando el mismo material de polipropileno como para las otras cañerías :

$$\text{Viscosidad dinámica } \gamma = 1,007 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$\text{Rugosidad del maetrial } k = 0,015 [mm]$$

Se puede observar que no verifica a la presión mínima de 4mca por lo que se opta por subir el tanque de agua tratada 1,5 metros , obteniendo una altura estática de 7,1 metros. Además de deben añadir dos codos y 1,5 metros más de cañería recta. De esta forma se obtiene el siguiente cuadro:

Bombas de caldera					
Diam = 12,7mm				Cálculo de Perdidas	
Accesorios	Cantidad	Long. Equiv. Un.	Long. Equiv. [m]	K/d	
Codo normal	6	0.25	1.5	Reynolds	16524.3297
Llave de paso	2	0.08	0.16		
T de desvío	2	0.8	1.6		
Tubería recta 1/2"			11.98		
		Total	15.24	Altura de perdidas Hr	2.9398606

Verificación de presión mínima		
H est T.A	7.1	
Hr	2.94	

H est T.A - Hr	4.16	> 4 mca
Verifica Pmin	SI	

Tabla 32 Verificación de presión mínima Bombas de caldera (2)

Se puede ver que con una altura de tanque de agua tratada de 6 metros por sobre el nivel del suelo, se verifica la presión mínima en cada punto de consumo.

2.9.3 Cálculo de bombas

En este segmento se dimensionan y seleccionan las bombas desde la cisterna al tanque principal y desde el tanque principal a la caldera. Para el caso del equipo de osmosis inversa, el mismo ya cuenta con una bomba de 1 1/4 HP para subir el agua al tanque de agua tratada, por lo que no se profundiza en cálculos de la misma.

2.9.3.1 Desde Cisterna a Tanque principal

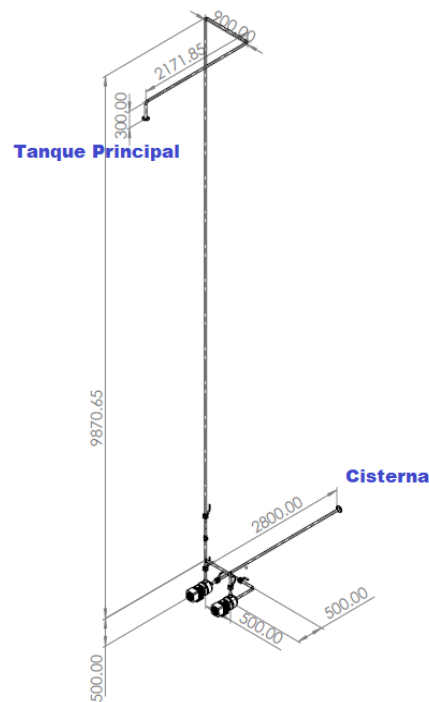


Imagen 68 Tramo Cisterna a Tanque principal

Se utiliza dos bombas que funcionaran alternadamente para que, en caso de averías, nunca se deje fuera de servicio el suministro de agua al tanque de reserva.

Datos:

- Fluido: Agua a 20°C
- Diámetro de tubería $\phi = 1''$ Schedule 40 (Diámetro interior 26,64 mm)
- Material: Hierro galvanizado usado

TABLA 9-2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA, k PARA TUBERIAS COMERCIALES

Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k (mm)	Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k (mm)
Vidrio, cobre o latón estirado..	<0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado	0,15 a 0,20
Latón industrial	0,025	Fundición corriente nueva..	0,25
Acero laminado nuevo	0,05	Fundición corriente oxidada..	1 a 1,5
Acero laminado oxidado	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada	0,1
Acero laminado con incrustaciones	1,5 a 3	Cemento alisado	0,3 a 0,8
Acero asfaltado	0,015	Cemento bruto	Hasta 3
Acero roblonado	0,03 a 0,1	Acero roblonado	0,9 a 9
Acero soldado, oxidado	0,4	Duelas de madera	0,183 a 0,91

Tabla 33 Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas - Claudio Mataix

- Rugosidad absoluta $k=0,20$ [mm]
- Caudal necesario máximo $Qn = 3,16 \frac{m^3}{h} = 8,78 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$
- Largo total=18 metros

$$Velocidad V = \frac{Qn}{A} = \frac{4 * 8,78 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi * (0,02664m)^2} \approx 1,6 \frac{m}{s}$$

- Viscosidad cinemática γ

TABLA 2

DENSIDAD RELATIVA Y VISCOSIDAD CINEMATICA DE ALGUNOS LIQUIDOS

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla × 10⁻⁶)

Temp. °C	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg.	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg.	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg.	Densid. relat.	Viscos. cinem. m ² /seg.
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Tabla 34 Mecánica de los fluidos e hidráulica de Ranaid V. Giles (Tabla 2

Pág.247)

$$\gamma = 1,007 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

- Número de Reynolds

$$Re = \frac{V * D}{\gamma} = \frac{1,6 \frac{m}{s} * 0,02664m}{1,007 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 42.327,7$$

$$Rugosidad\ relativa = \frac{k}{D} = \frac{0,20[mm]}{26,64[mm]} = 7,5 * 10^{-3}$$

Con estos valores se puede, desde el diagrama de Moody, obtener el coeficiente de rozamiento λ (Extraído de Mataix)

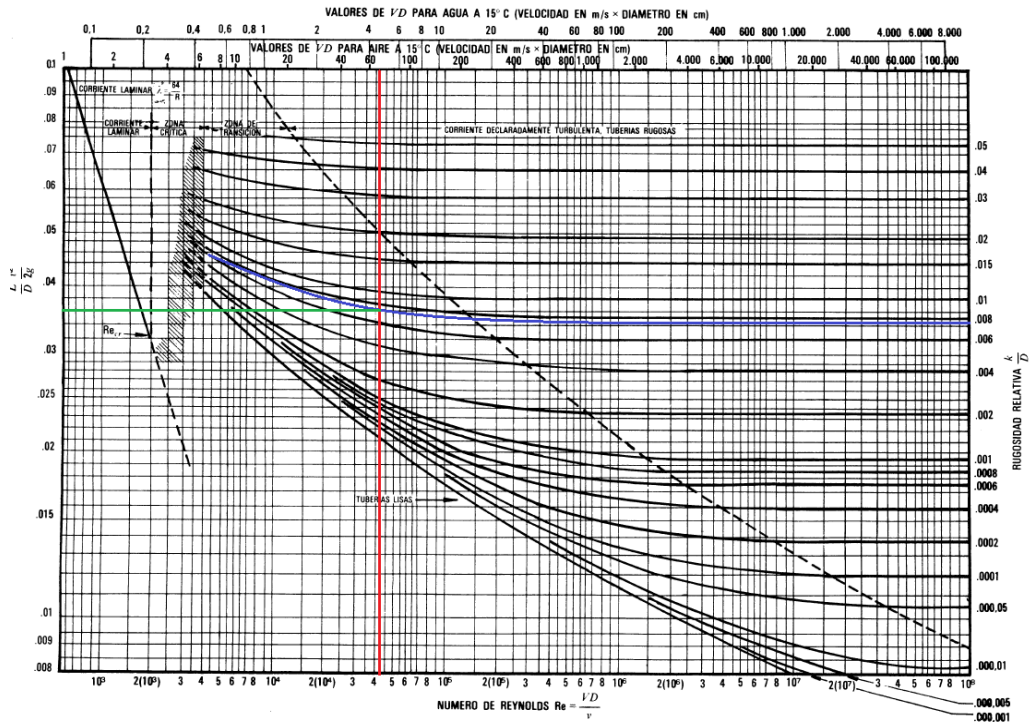


Imagen 69 Diagrama de Moody

Coeficiente de rozamiento $\lambda = 0,036$

- Cálculo de pérdidas:

H_{est} = Diferencia de altura estática

H_p = Perdida de carga en tuerbría

$$H_{total} = H_{est} + H_p$$

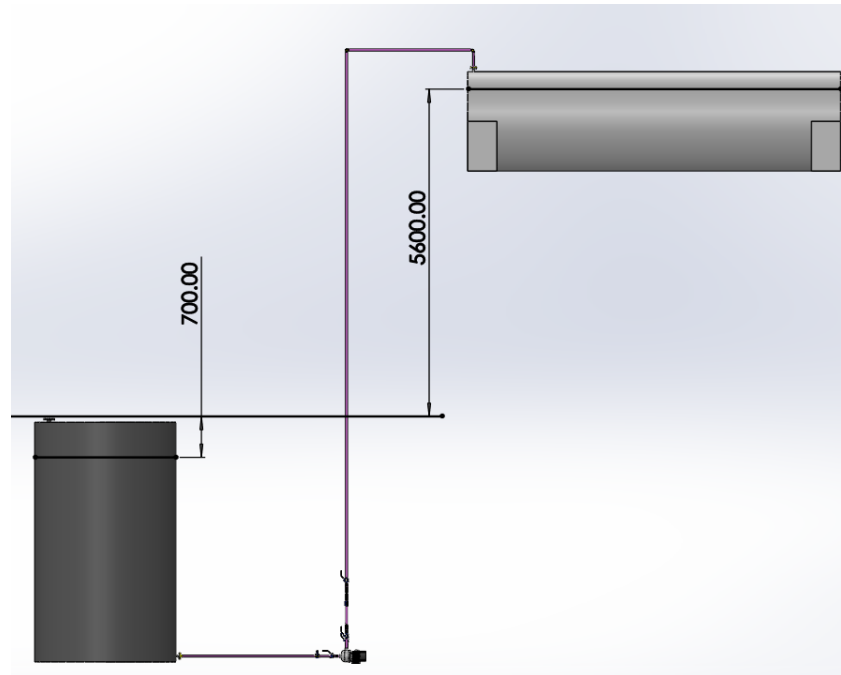


Imagen 70 Diferencia de altura estática Tanque de reserva - Cisterna

$$H_{est} = 5600 + 700 = 6300[mm] = 6,3[m]$$

Para obtener las distintas longitudes equivalentes de los accesorios, se utiliza el nomograma de pérdidas de carga secundaria de Mataix

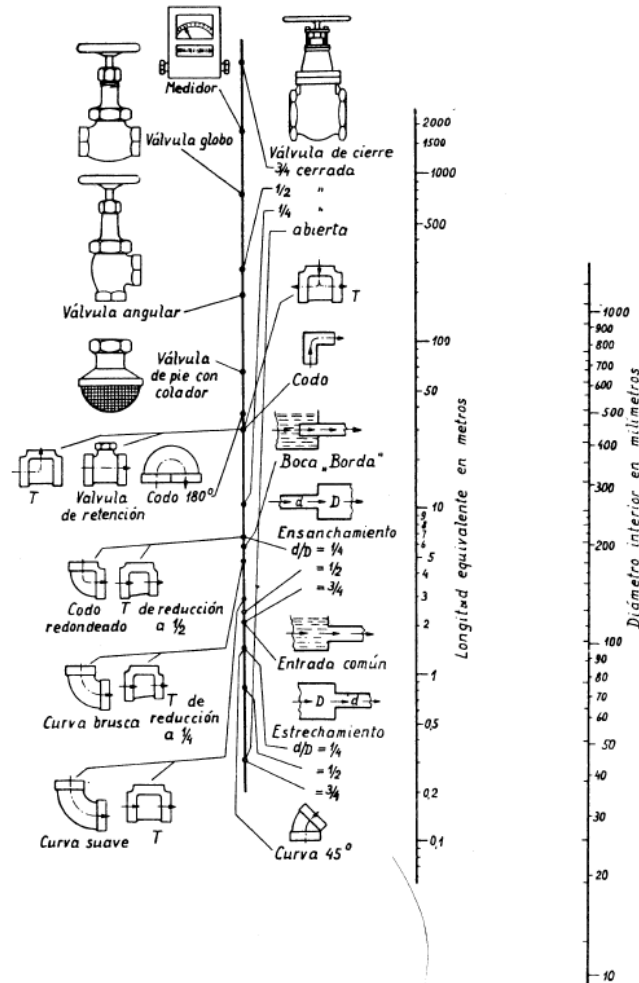


Fig. 11-15. Nomograma de pérdida de carga secundaria de la firma Gould Pumps, U.S.A. en accesorios de tubería para agua.

Imagen 71 Nomograma de perdidas por accesorios – Mataix

ACCESORIO	CANTIDAD	Longitud Eq unitaria [m]	Longitud Eq Total [m]
Tee In 1 Sch40	2	2	4
CODO 1 " Schedule 40	5	0.5	2.5
VALVULA ANTIRETORNO	1	1.8	1.8
VALVULA ESFERICA	3	0.18	0.54
TUBO 1 " Schedule 40			14.7
TOTAL			23.5825

Tabla 35 Longitud equivalente accesorios instalación de agua

$$H_p = \frac{\lambda * (L + Leq) * V^2}{2 * g * D} = \frac{0,036 * (23,58[m]) * \left(1,6 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * 0,02664[m]} = 4,16[mca]$$

$$Ht = 6,3[m] + 4,16[m] = 10,46[m]$$

Se calcula la potencia mínima necesaria de la bomba:

$$Na = \frac{\delta * Q * H_T}{\eta}$$

$\eta =$ coeficiente de rendimiento del equipo Motor Eléctrico + Bomba = 0,5

$$\delta = \text{Densidad el agua} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$Na = \frac{1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 8,78 * 10^{-4} \frac{m^3}{s} * 10,46[m]}{0,5 * 76,04} = 0,24[HP]$$

Se busca en distintos catálogos una bomba que cumpla con estos requisitos y tenga una potencia similar.

Se opta por una bomba marca Czerweny de ½ CV modelo Zeta 1T (trifásica)



MODELO		POTENCIA CV	DIAMETROS	
MONOFASICA	TRIFASICA		ASP.	IMP.
ZETA 0		1/4	1"	1"
ZETA I	ZETA IT	1/2	1"	1"
ZETA 1,5		3/4	1"	1"
ZETA II	ZETA IIT	1	1"	1"
ZETA III	ZETA IIIT	1	1"	1"
ZETA 4		1,5	1 1/4"	1"
	ZETA 4T			
ZETA 5		2,5	1 1/4"	1"
	ZETA 5T			
	ZETA 6T	3,5	1 1/4"	1"

Imagen 72 Motor Czerweny Zeta

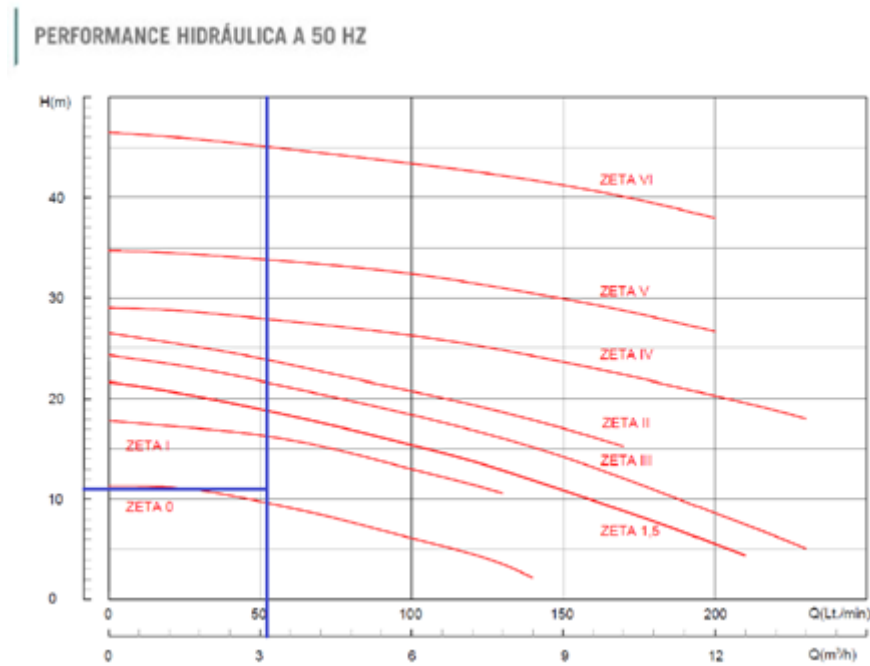


Imagen 73 Curva característica bomba

2.9.3.2 Bombas de la Caldera

De la misma forma que las bombas de la forma cisterna al tanque de reserva, para la alimentación de la caldera se selecciona dos bombas funcionando alternamente.

La caldera requiere una entrada de agua mayor a 10 bar o 102 metros columna de agua para funcionar, por lo que se tendrá en cuenta al final del cálculo.

Datos:

- Fluido: Agua a 20°C
- Diámetro de tubería $\phi = 1\ 1/4''$ Schedule 40 (Diámetro interior 35,05 mm)
- Material: Hierro galvanizado usado

TABLA 9-2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA, *k* PARA TUBERIAS COMERCIALES

Tipo de tubería	Rugosidad absoluta <i>k</i> (mm)	Tipo de tubería	Rugosidad absoluta <i>k</i> (mm)
Vidrio, cobre o latón estirado..	<0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado	0,15 a 0,20
Latón industrial	0,025	Fundición corriente nueva...	0,25
Acero laminado nuevo	0,05	Fundición corriente oxidada .	1 a 1,5
Acero laminado oxidado.....	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada	0,1
Acero laminado con incrustaciones	1,5 a 3	Cemento alisado.....	0,3 a 0,8
Acero asfaltado.....	0,015	Cemento bruto	Hasta 3
Acero roblonado	0,03 a 0,1	Acero roblonado	0,9 a 9
Acero soldado, oxidado	0,4	Duelas de madera	0,183 a 0,91

Tabla 36 Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas - Claudio Mataix

- Rugosidad absoluta $k=0,20$ [mm]
- Caudal necesario máximo $Q_n = 0,6 \frac{m^3}{h} = 1,66 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

$$Velocidad V = \frac{Q_n}{A} = \frac{4 * 1,66 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi * (0,03505m)^2} \approx 0,17 \frac{m}{s}$$

- Viscosidad cinemática γ

TABLA 2

DENSIDAD RELATIVA Y VISCOSIDAD CINEMATICA DE ALGUNOS LIQUIDOS

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla $\times 10^{-6}$)

Temp. °C	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Viscos. cinem. m ² /seg
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Tabla 37 Mecánica de los fluidos e hidráulica de Ranald V. Giles (Tabla 2

Pág.247)

$$\gamma = 1,007 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

- Número de Reynolds

$$Re = \frac{V * D}{\gamma} = \frac{0,17 \frac{m}{s} * 0,03505m}{1,007 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 5.917,08$$

$$Rugosidad\ relativa = \frac{k}{D} = \frac{0,20[mm]}{35,05[mm]} = 5,7 * 10^{-3}$$

Con estos valores se puede, desde el diagrama de Moody, obtener el coeficiente de rozamiento λ (Extraído de Mataix)

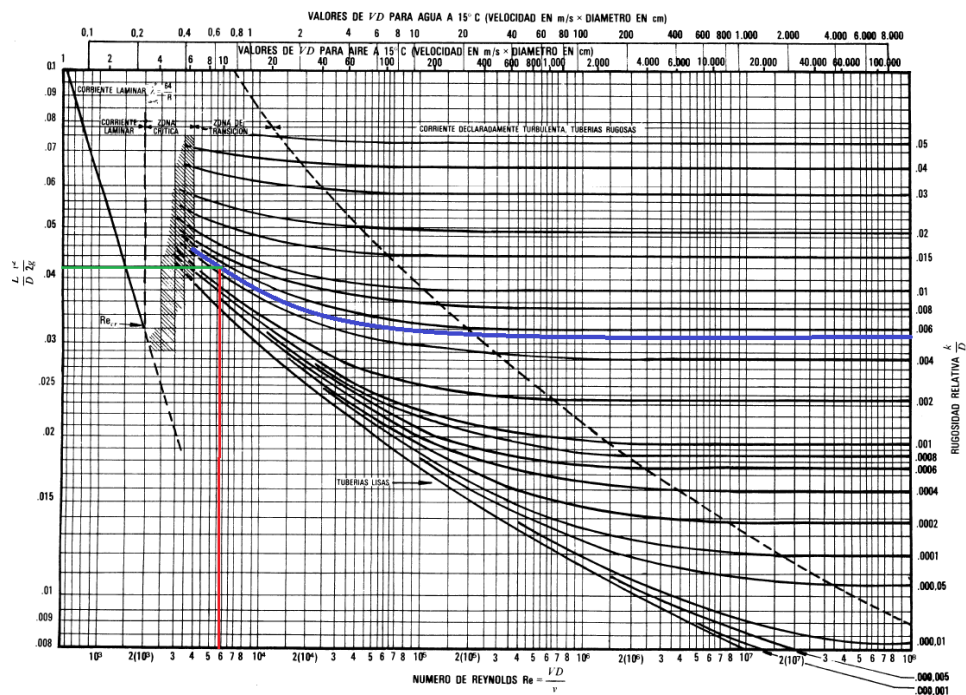


Imagen 74 Diagrama de Moody

Coeficiente de rozamiento $\lambda = 0,042$

- Cálculo de pérdidas:

$H_{est} = \text{Diferencia de altura estática}$

$H_p = \text{Perdida de carga en tubería}$

$$H_{total} = H_{est} + H_p$$

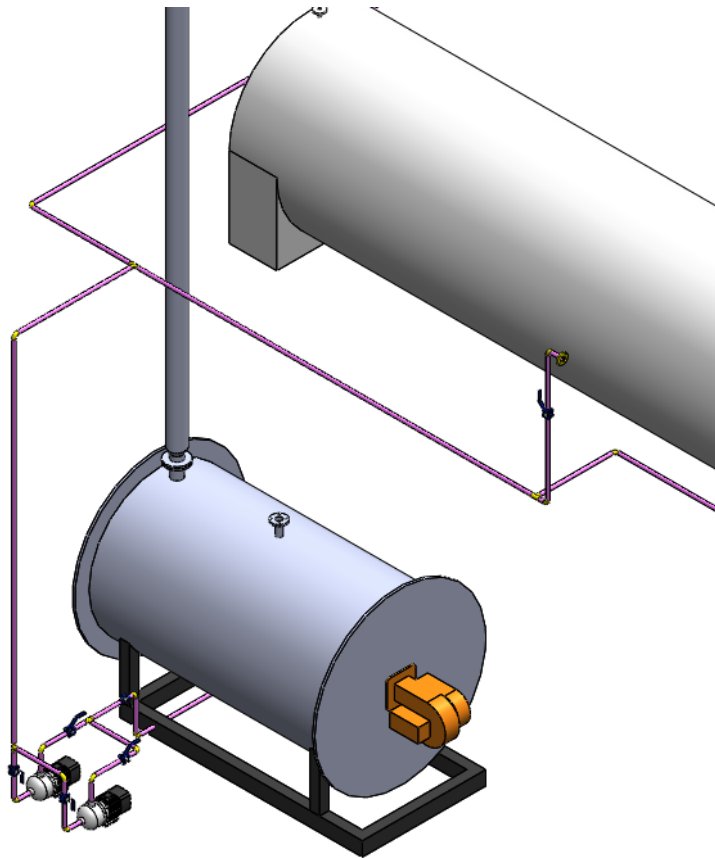


Imagen 75 Bomba alimentación Caldera

$$H_{est} \approx 0[mca]$$

Para obtener las distintas longitudes equivalentes de los accesorios, se utiliza el nomograma de pérdidas de carga secundaria de Mataix.

ACCESORIO	CANTIDAD	Longitud Eq unitaria [m]	Longitud Eq Total [m]
Tee In 1 1/4 Sch40	2	2.5	5
CODO 1 1/4" Schedule 40	5	0.7	3.5
VALVULA ANTIRETORNO	1	2.5	2.5
VALVULA ESFERICA	2	0.25	0.5
TUBO 1 1/4 " Schedule 40			2.658
TOTAL			14.158

Imagen 76 Longitud equivalente accesorios instalación de agua

$$H_p = \frac{\lambda * (L + Leq) * V^2}{2 * g * D} = \frac{0,042 * (14,158[m]) * \left(0,17 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 * 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * 0,03505[m]} = 0,025[mca]$$

Se puede observar que las pérdidas de presión a lo largo de la tubería son muy bajas, debido mayormente a una muy baja velocidad del fluido y no hay diferencia de altura estática.

A esta presión se le debe sumar la de 10 bar o 102 metros columna de agua para ingresar a la caldera.

$$H_{total} = 102[mca] + 0,025[mca] = 102,025 [mca]$$

Se calcula la potencia mínima necesaria de la bomba:

$$Na = \frac{\delta * Q * H_T}{\eta}$$

$$\eta = \text{Coeficiente de seguridad} = 0,5$$

$$\delta = \text{Densidad el agua} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$Na = \frac{1000 \left[\frac{kg}{m^3}\right] * 1,66 * 10^{-4} \frac{m^3}{s} * 102,025[mca]}{0,5 * 76,04} = 0,44[HP]$$

Se selecciona del catálogo de Czerweny una bomba multietapas vertical modelo

BL 2-11 de 1,5 HP



MODELO	HP	Lts/min m³/h	Q-Caudal					
			10 0,6	20 1,2	40 2,4	60 3,6	80 4,8	100 9
BL 2-9	1,5		82,0	78,0	63,5	43,5	18,0	
BL 2-11	1,5		104,0	98,0	78,0	54,0	23,5	
BL 4-7	2,0		68,0	66,5	63,0	57,5	50,1	42,0
BL 4-8	2,0		78,0	76,0	71,5	66,5	58,5	50,0
		H	20 1,2	50 3	100 6	150 9	200 12	250 15
BL 8-8	4,0			77,0	76,5	72,5	66,0	52,5
BL 8-10	5,5		103,5	102,5	96,5	82,5	59,0	
BL 8-12	7,5		128,5	126,5	117,5	98,0	67,5	
BL 8-14	7,5		145,0	144,0	136,5	116,5	84,0	
BL 8-16	7,5		168,5	166,0	157,0	134,5	103,0	

Imagen 77 Bomba Czerweny multietapas modelo BL 2-11

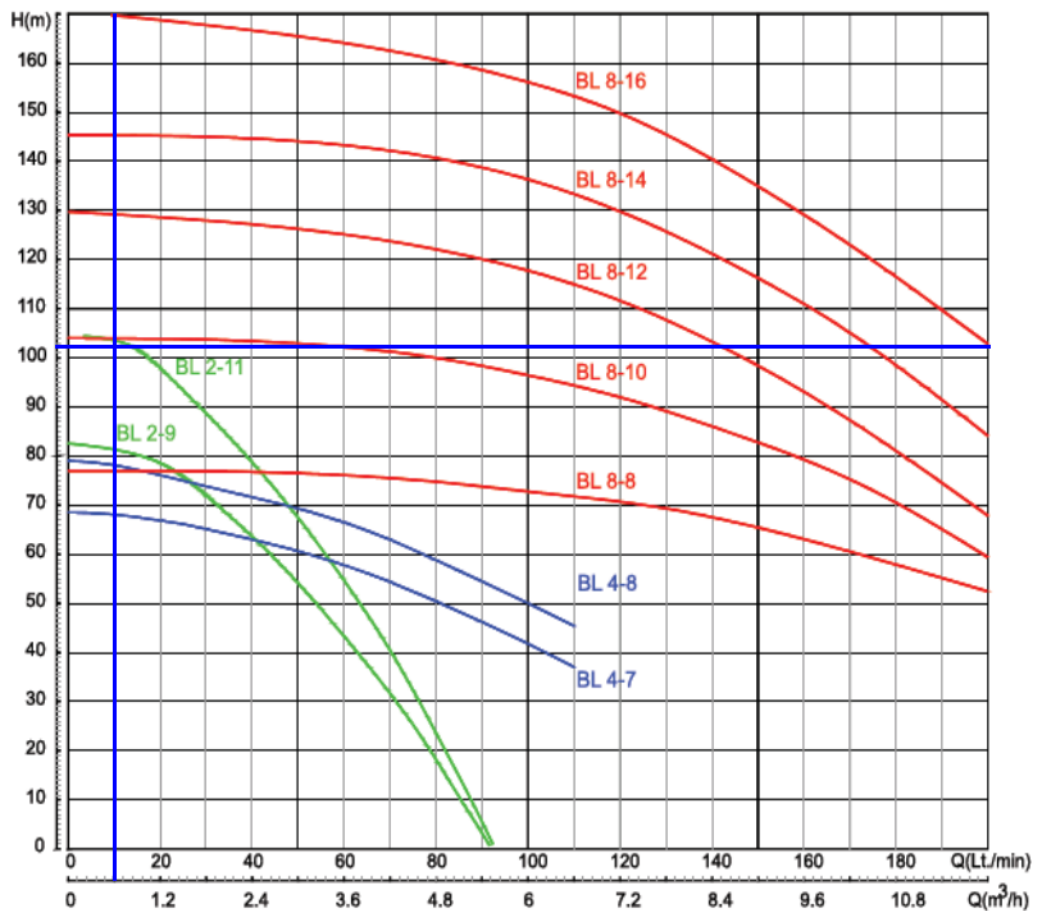


Imagen 78 Curva de potencia Bomba BL 2-11

2.9.4 Comando de Bombas

A la hora de realizar el comando eléctrico de las bombas impulsoras, tanto las destinadas a elevar el agua desde la cisterna hacia el tanque de reserva como las que impulsan agua a la caldera, es necesario tener tanto un control manual como automático de las mismas.

Como ya se detalló con anterioridad, en el diseño de la instalación se contempla la puesta en funcionamiento de dos bombas en paralelo, para que de esta manera exista la posibilidad de contar con una bomba de repuesto en caso de que una de ellas sufra alguna avería. Esta situación de tener dos bombas y que solo funcione una de las dos, trae consigo un problema frecuente, ya que al momento de ser necesaria la puesta en funcionamiento de la de repuesto, el operador se encuentra con que esta no funciona, aunque la misma se encuentre sin uso alguno.

Para solucionar este inconveniente, en el diseño del cuadro de maniobras eléctrico, se contempla un diseño de funcionamiento alternante de las bombas. Esto es, cada vez que sea necesario llenar el tanque de reserva o alimentar de agua la caldera, lo hará una bomba diferente, comenzando por la bomba uno en el primer llamado de bombeo, luego en el próximo llamado de llenado lo hará la bomba dos, el tercero la bomba número uno nuevamente y así sucesivamente. Con este tipo de funcionamiento se logra un desgaste parejo de las bombas y nos aseguramos de que en todo momento ambas bombas funcionan.

Para comenzar la explicación del funcionamiento del esquema eléctrico, primeramente, es necesario definir qué tanto en el tanque de reserva como en el cisterna, serán usadas boyas eléctricas para la puesta en funcionamiento y corte de las bombas, en cambio, las bombas de la caldera ya son conmutadas por el propio programa cargado en el PLC que maneja la caldera.

Volviendo a las bombas entre la cisterna y el tanque de reserva, la boya en este último tanque de reserva será normal cerrado (NC) para que envíe la orden al circuito de comenzar el llenado pasando a normal abierto (NA) para que corte el bombeo de agua cuando el mismo se encuentre lleno. Para el tanque cisterna, será NC cuando este se encuentre lleno de agua, habilitando de esta manera el bombeo de agua y pasará a NA cuando se encuentre con un nivel bajo de agua, evitando así la aspiración en vacío de las bombas. Este tipo de boyas se muestran a continuación:



Imagen 79 Boya

La habilitación de bombeo de agua se dará cuando ambas boyas se encuentren en el estado NC, es decir, que el tanque cisterna este lleno de agua (ya que como es primordial en el funcionamiento de las bombas centrifugas que no se produzca la absorción o aspiración en vacío, es necesario que el tanque cisterna siempre se encuentre lleno de agua) y el tanque de reserva con bajo nivel de agua. Esta situación se observa a continuación, indicando las posiciones de los flotadores como 1.

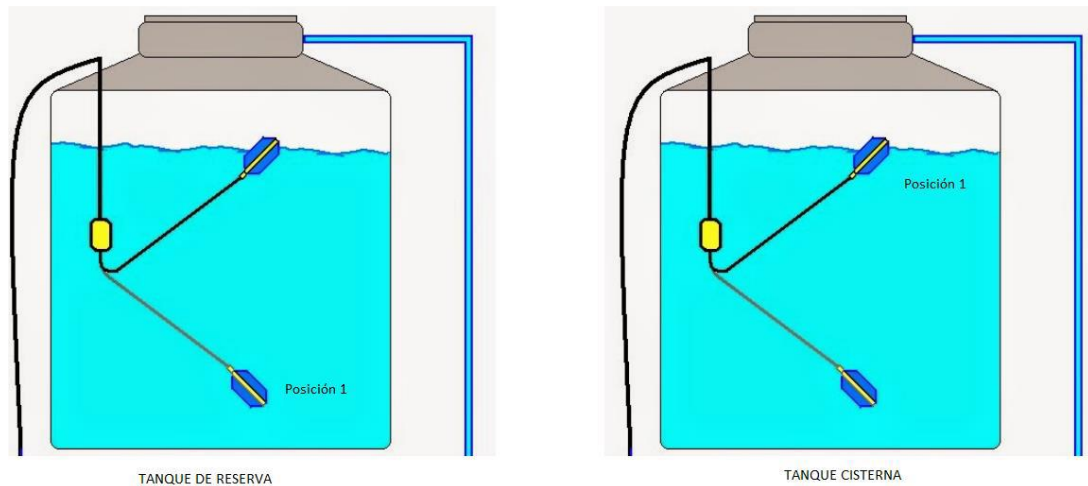


Imagen 80 Actuación boya en tanques (1)

Cuando ocurre que el nivel de agua del tanque de reserva se encuentra al máximo, es necesario que se detenga el bombeo de agua, es decir, la boya de este tanque pasará a su posición de NA (posición 2) y el circuito se abrirá, deteniendo así la bomba; situación mostrada en la siguiente figura.

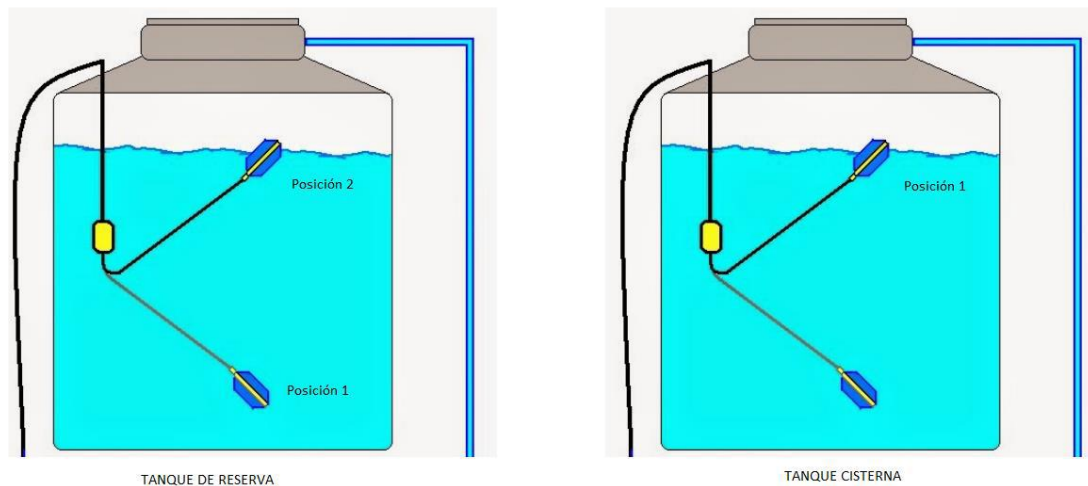


Imagen 81 Actuación boya en tanques (2)

En caso de que el tanque cisterna se encuentre sin agua suficiente para realizar la aspiración (posición 2), el circuito no debe funcionar de ninguna manera para proteger las bombas, sin importar que el tanque de reserva se encuentre lleno o no. Esta nueva situación se muestra en la figura siguiente.

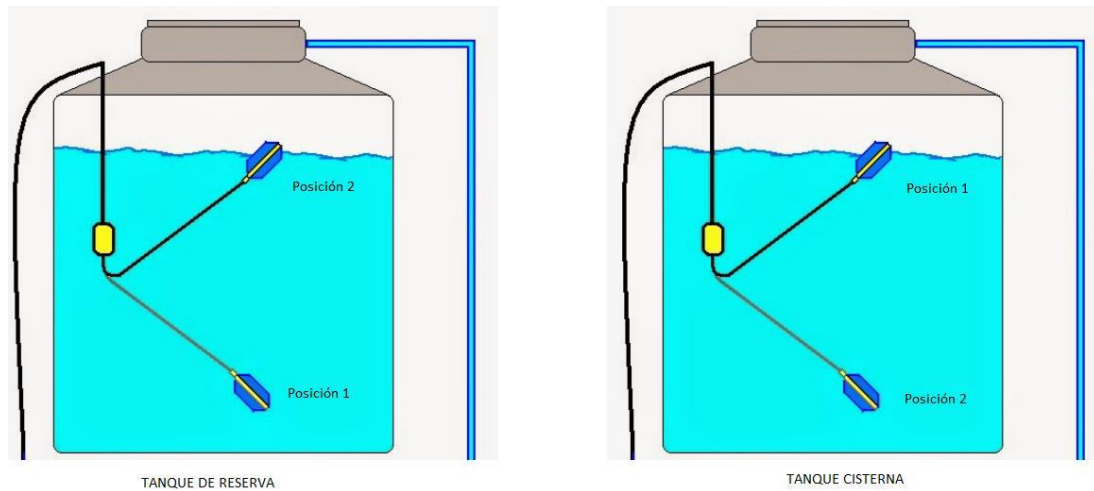


Imagen 82 Actuación boyas en tanques (3)

Todos los modos de marcha o parada anteriormente explicados se dan eléctricamente con la conexión en serie de ambos sensores de nivel.

La alimentación de ambas bombas, con su respectiva alternancia de funcionamiento es permitida gracias al uso de contactores y como es necesario el uso de un circuito de control con interruptores accionados manualmente, bobinas de contactores y sensores dentro del agua, es necesario realizar una reducción del voltaje a un nivel seguro para estas partes del circuito, por lo que por normativa el máximo admisible de tensión para circuitos en donde existe humedad es de 24[V]. Esta reducción se da con un transformador, mientras que los contactos de potencia de los contactores son de 220[V] para permitir la alimentación a los motores eléctricos de las bombas.

Además, es necesario colocar relés térmicos en ambas bombas para protegerlas de sobrecargas, por lo que los mismos actuarán abriendo el circuito en caso de que esto ocurra e indicado mediante señalización visual en el tablero.

El sistema de control se realiza mediante los contactos NC y NA de los contactores KM1 y KM2, para la bomba 1 y la bomba 2 respectivamente, al mismo que el contactor

K1 que funciona como control de la alternancia de las mismas. A continuación, se encuentra el esquema eléctrico de conexionado de todos los elementos que forman parte del comando de ambas bombas.

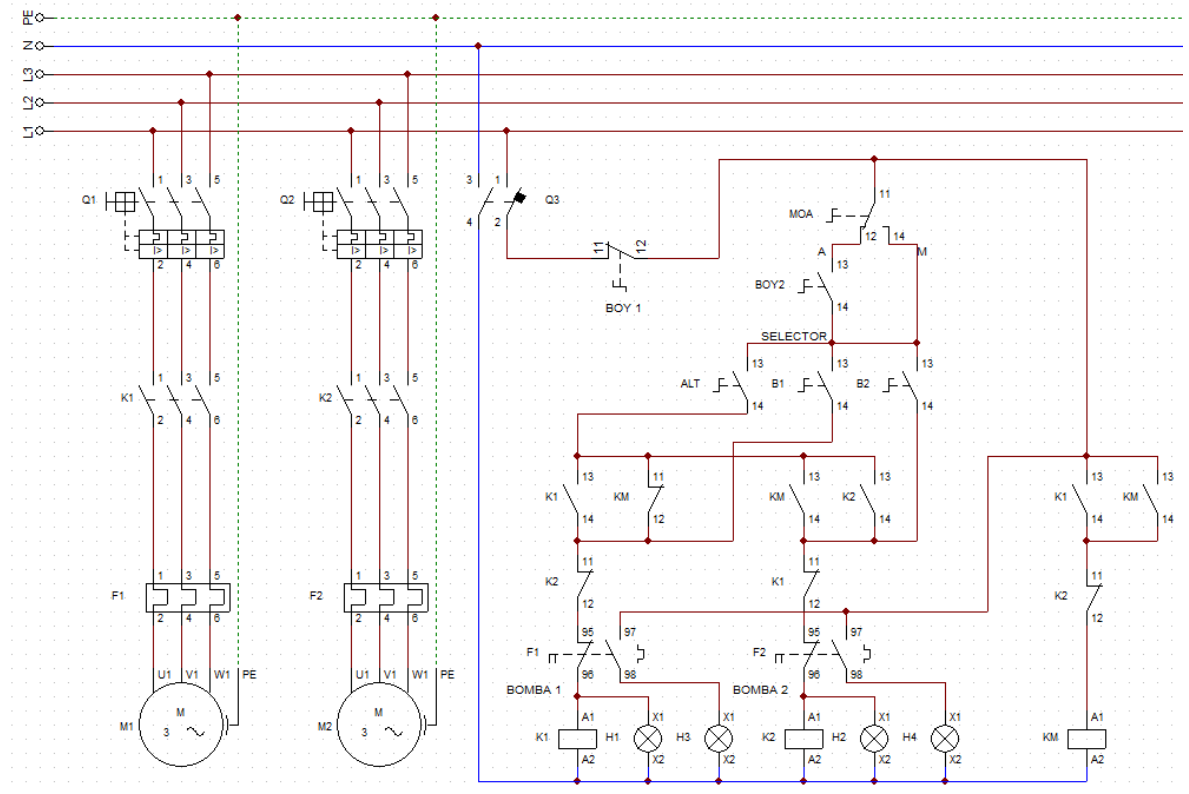


Imagen 83 Esquema eléctrico comando de bombas

2.10 Instalación de aire comprimido

El objetivo de la red de suministro de aire comprimido es abastecer a los equipos que requieran su servicio para su funcionamiento, proporcionando un suministro de aire de calidad y cantidad adecuada, que cumpla con los requisitos de cada máquina. El diseño de la red de aire comprimido tiene como finalidad reducir al mínimo las pérdidas de presión causadas por cambios de dirección y restricciones en las tuberías, evitando el transporte de condensación y humedad desde la red hasta los puntos de consumo. Se deben incluir puntos de extracción de humedad y se prioriza la facilidad de mantenimiento.

Hay dos configuraciones de diseño comunes para el trazado de tuberías de aire comprimido:

Final en línea muerta o Red Abierta

En esta configuración, el sistema de tuberías tiene un punto final o "línea muerta" donde el aire comprimido se suministra a los equipos. El aire fluye en una sola dirección hacia los puntos de consumo y no hay retorno de aire comprimido al punto de suministro. Esta configuración es adecuada para aplicaciones donde no se requiere un circuito cerrado y el aire se utiliza en un solo sentido.

La principal ventaja de esta configuración es su baja inversión inicial, ya que requiere menos tuberías y conexiones. Sin embargo, la principal desventaja es que no se pueden aislar circuitos para realizar mantenimientos. Esto significa que, si se necesita realizar una reparación o mantenimiento en una sección de la red, todo el área aguas abajo de ese corte quedará sin servicio.

Conducto principal en anillo o Red Cerrada

En esta configuración, el sistema de tuberías forma un anillo o circuito cerrado, donde el aire comprimido se suministra desde un punto central y luego se distribuye a los puntos de consumo a lo largo del anillo. Esto permite un flujo continuo y equilibrado de aire en ambas direcciones, lo que puede ser beneficioso para mantener una presión constante en toda la red y facilitar la expansión del sistema en el futuro.

La principal ventaja de esta configuración radica en la facilidad para realizar mantenimientos, ya que se pueden realizar cortes de secciones sin deshabilitar el uso en otras áreas. Esto permite aislar secciones específicas de la red para trabajos de mantenimiento, sin interrumpir el suministro en el resto del sistema. La principal desventaja de esta configuración es que requiere una inversión inicial mayor, debido a la necesidad de más tuberías y conexiones para formar el anillo y las derivaciones secundarias.

Cada configuración tiene sus ventajas y se elige en función de los requisitos específicos de la aplicación, el tamaño de la instalación y las preferencias del diseño.

Las pérdidas de presión en los puntos de consumo no deben exceder el 5% de la presión de trabajo. Estas pérdidas dependen principalmente de la velocidad del aire en la tubería, la cual debe estar comprendida entre 6 y 10 [m/s] en la tubería principal, y entre 12 y 20 [m/s] en las tuberías de servicio.

La velocidad del flujo de aire está determinada por el caudal volumétrico del punto de consumo y el diámetro interno de la tubería. Esto se expresa mediante la siguiente ecuación de continuidad:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Siendo:

- Q Caudal
- V Volumen
- t Tiempo

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Siendo:

- S Área o Sección circular
- v Velocidad
- D Diámetro interior

Reemplazando en la ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

2.10.1 Equipo Compresor

Para garantizar la calidad del aire en una red neumática, es necesario cumplir con los requisitos establecidos por los fabricantes de los equipos a instalar. Estas especificaciones se encuentran en la Norma ISO 8573-1:2010, que define las clases de calidad del aire comprimido y establece los valores permitidos para cada una de ellas.

Una buena instalación de suministro de aire comprimido está compuesta por:

1. **Compresor:** El compresor es responsable de comprimir el aire atmosférico y enviarlo a la red. Es importante asegurarse de que el compresor esté en buenas condiciones y cumpla con las especificaciones técnicas necesarias.

2. Filtro: Después del compresor, se debe instalar un filtro para eliminar partículas sólidas y contaminantes presentes en el aire comprimido. Esto ayuda a proteger los equipos y garantizar una calidad de aire adecuada.
3. Secador: El secador tiene como objetivo eliminar la humedad del aire comprimido. La presencia de humedad puede causar daños a los equipos y afectar su rendimiento. Utilizar un secador adecuado ayuda a mantener un nivel bajo de humedad en la red.
4. Tanque de almacenamiento: El aire comprimido se almacena en un tanque para satisfacer las demandas de la red en momentos de alto consumo. El tanque también ayuda a estabilizar la presión y eliminar posibles fluctuaciones.
5. Purga de agua: Es importante contar con un sistema de purga de agua para eliminar el condensado y la humedad acumulados en la red. Esto ayuda a evitar obstrucciones y problemas relacionados con la presencia de agua en la red.

Al incluir estos elementos en la instalación, se puede asegurar una calidad adecuada del aire comprimido en la red neumática, cumpliendo con los estándares establecidos por la Norma ISO 8573-1:2010.

Para poder dimensionar los elementos, primero se debe conocer los consumos de aire comprimido de este sistema.

Desde la marca INCOL S.A. que proveen tres de los equipos principales (caldera, autoclave y horno pirolítico) indican que tanto el autoclave como el horno pirolítico necesitan cada uno una presión de trabajo de entre 10 y 12 [bar]. Destacaron que para cada uno de estos equipos se suelen utilizar compresores de potencia 7,5HP y entre

350 y 500 litros de capacidad. Además de estos dos equipos, está el elevador de carros para la trituradora, que lleva en su mecanismo un actuador neumático. Su consumo está sumado al del autoclave por la proximidad de estos equipos. Los consumos de aire comprimido dados por la marca son los siguientes:

- Autoclave + elevador de carros: 460 [l/min]
- Horno pirolítico: 360 [l/min]

El consumo total será la suma de estos dos, más un 20% que se toma para posibles ampliaciones futuras.

Más allá de estos, no existen otro punto de consumo importante para la red de suministro de aire comprimido. Cabe aclarar que el “Taller mecánico” que existe en el estacionamiento de vehículos de la planta, cuenta con su propio compresor de aire, pero de tipo taller, para sus herramientas y recarga de aire de neumáticos. Es por este motivo que no entra como consumo dentro de esta sección.

Componente	Presión de trabajo [bar]	Consumo [l/min]	Consumo [m ³ /h]	Velocidad de aire [m/s]
Horno Pirolítico	12	360	21,6	15
Autoclave	12	460	27,6	15

Consumo equipos [l/min]	820
Ampliaciones	20%
Consumo Total [l/min]	984

Tabla 38 Consumos aire comprimido

La selección de los componentes del grupo compresor se realiza teniendo en cuenta la información previamente expuesta. Para este propósito, optaremos por la reconocida marca Kaeser, que ofrece modelos de equipos integrados que combinan compresor, secador y tanque de almacenamiento.

Al observar la tabla de consumos y presiones, es importante que el modelo seleccionado cumpla tanto con la capacidad de caudal requerida como con la presión de trabajo del grupo compresor. Por lo tanto, se dirige al catálogo proporcionado por la marca para llevar a cabo la elección adecuada.

Hemos decidido adquirir un grupo central integrado del modelo AIRCENTER 22 SFC, el cual presenta las siguientes características técnicas:

AIRCENTER versión básica / AIRCENTER versión SFC

Modelo	Presión máx. de servicio	Caudal ¹⁾ unidad completa a presión de servicio	Presión máx.	Potencia nominal motor	Modelo secador refrigerativo	Capacidad del tanque de almacenamiento de aire comprimido	Dimensiones an x prof x al	Conexión aire comprimido	Nivel de presión acústica ²⁾	Peso
	bar	m ³ /min	bar	kW		litros	mm		dB(A)	kg
AIRCENTER 22	6	2,16	6	11	ABT 25	350	750 x 1335 x 1880	G 1	66	579
	7,5	2,00	8							
	10	1,67	11							
	13	1,30	15							
AIRCENTER 25	6	2,69	6	15	ABT 25	350	750 x 1335 x 1880	G 1	67	587
	7,5	2,50	8							
	10	2,10	11							
	13	1,70	15							
AIRCENTER 22 SFC	7,5	0,62 - 1,98	8	11	ABT 25	350	750 x 1335 x 1880	G 1	67	596
	10	0,63 - 1,67	11							
	13	0,57 - 1,37	15							
AIRCENTER 25 SFC	7,5	0,81 - 2,55	8	15	ABT 25	350	750 x 1335 x 1880		68	604
	10	0,84 - 2,25	11							
	13	0,83 - 1,90	15							

Tabla 39 Características Compresor KAESER modelo AIRCENTER 22 SFC

Se selecciona este modelo ya que alcanza la presión de trabajo necesaria de los equipos, cumple con el caudal y al tener un motor con variador de frecuencia permite regular este caudal según la demanda. Esto le da al equipo mayor adaptabilidad al uso dentro de la planta y mejora la eficiencia energética.

Se verifica también, si es necesario otro tanque de almacenamiento conectado en serie, para satisfacer las necesidades de uso en caso de trabajar simultáneamente (KAESSER COMPRESORES, 2016).

De acuerdo con las recomendaciones de Kaeser para la selección del tanque de almacenamiento, se consideran los siguientes parámetros de operación para compresores con una potencia nominal de hasta 25hp: un ciclo de carga-descarga de 72 ciclos por hora.

$$VR = \frac{V1 \times (DF - DF^2)}{Z \times Dp}$$

Siendo:

- VR = Volumen real del tanque en [m3]
- V1 = Flujo de aire del compresor [m3/h]
- V2 = Demanda de aire de la planta [m3/h]
- Z= Número de ciclos carga – descarga permitidos por hora del compresor.
- Dp = Diferencial de presión del compresor [bar]
- DF = V2 / V1 = factor de carga

Para el caso donde se desconoce la demanda de aire de la planta (V2), el valor de factor de carga (DF) de 0.5 representa el caso crítico, lo que representa que la demanda de la planta es del 50% de la capacidad del compresor. Sin embargo, en base a la experiencia y como un valor empírico, el valor de factor de carga (DF) se puede considerar de 0.5 para equipos de 3 – 25 hp, 0.79 para equipos de 30 - 100 hp, y 0.885 para equipos de 125 – 450 hp. En este caso se conoce la demanda de aire de la planta, pero utilizaremos el valor de 0.5 para considerar el peor de los escenarios.

VR	
V1[m ³ /h]	78,6
V2[m ³ /h]	55,86
Z [ciclos/hora]	72
Dp[bar]	1
DF = v2/v1	0,5
VR [m ³]	0,27
VR [l]	272,92

Tabla 40 Tabla cálculo de volumen real del tanque aire comprimido

Se determina que el volumen real del tanque debe ser de al menos 280 litros para satisfacer correctamente la demanda de la planta. Siendo que el compresor ya tiene incorporado un tanque de 350 litros, se puede decir que la instalación de aire comprimido no necesita un tanque extra en serie.

2.10.2 Diámetros de tubería

Como existen solo dos puntos de consumo, los cuales parten de un tramo principal de no mucha longitud comparada con el tramo dirigido a cada carga, se opta por calcular los conductos secundarios primero. Se tiene ya los datos de los consumos y la velocidad de flujo deseada en la tubería, se calcula primeramente los diámetros con la fórmula antes mostrada, y luego se verifica con un monograma teniendo en cuenta la longitud total de la cañería, la longitud equivalente de los accesorios y la caída de presión del 5%.

Componente	Presión de trabajo [bar]	Consumo [l/min]	Consumo [m ³ /h]	Velocidad de aire [m/s]	Diámetro por velocidad de flujo [mm]
Horno Pirofítico	12	360	21,6	15	22,57
Autoclave	12	460	27,6	15	25,51
Principal	12	984	59,04	10	45,70

Tabla 41 Cálculo de diámetro de tubería Aire comprimido

Se seleccionan estos diámetros calculados para determinar las longitudes equivalentes de cada accesorio. Al dar valores similares, se adopta para ambos equipos un diámetro de 25mm.

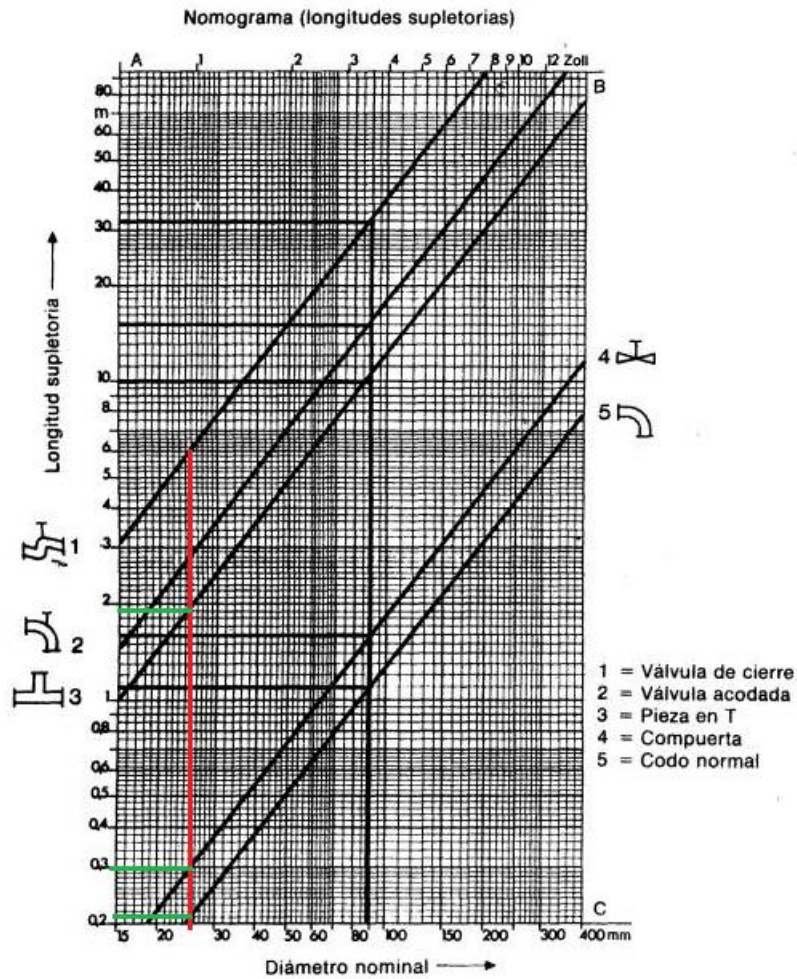


Imagen 84 Nomograma longitudes equivalentes

Autoclave SA-U 480 (D inicial 25mm)			
Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]	Total [m]
Codo 90°	5	0,22	1,1
Tee	2	1,9	3,8
Válvula esférica	1	0,3	0,3
Horno Pirolítico PY- 125 (D inicial 25mm)			
Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]	Total [m]
Codo 90°	5	0,22	1,1
Tee	2	1,9	3,8
Válvula esférica	1	0,3	0,3

Tabla 42 Longitudes equivalentes de accesorios aire comprimido

La longitud total para cada caso se indica a continuación:

Punto de consumo	Longitud tubería principal	Longitud tubería derivación	Longitud equivalente Accesorios	Total [m]
Autoclave SA-U 480	4,5	38	5,2	47,7
Horno Pirolítico PY- 125	4,5	34,5	5,2	44,2

Tabla 43 Longitud total de cada línea aire comprimido

Con esta longitud total para cada caso, se dirige al siguiente nomograma para verificar el diámetro de la tubería por caída de presión.

DIAGRAMA PARA CÁLCULO DE DIAMETRO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO

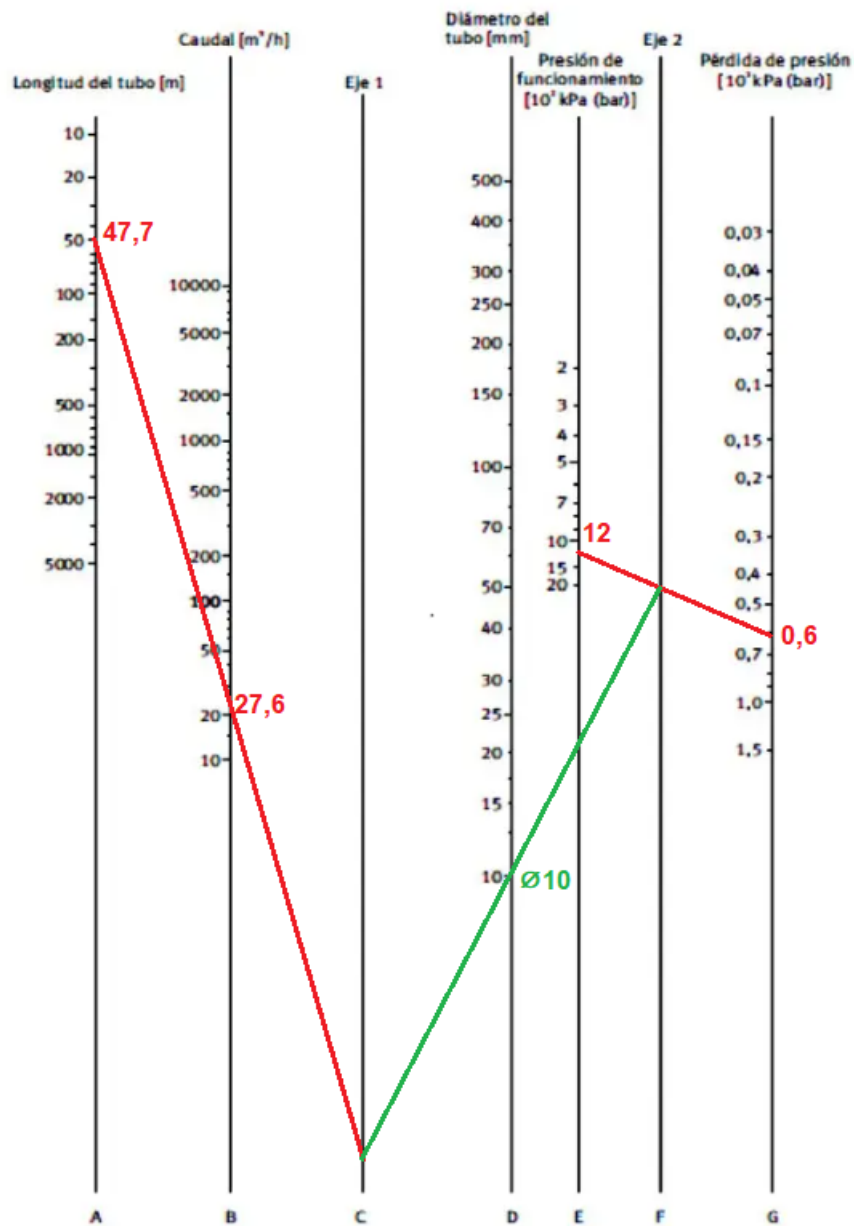
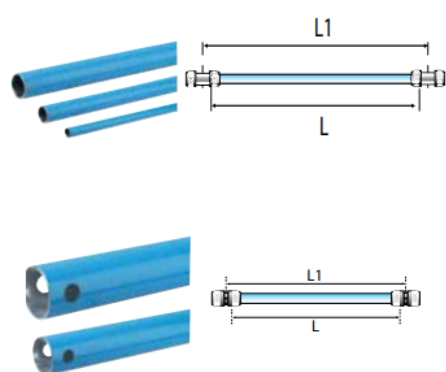


Imagen 85 Nomograma Diámetro de tubería por caída de presión

Se puede observar que, por caída de presión y longitud de tubería, el diámetro de cada tramo a cada carga debe ser de al menos 10 [mm]. Se puede decir entonces, que verifica a la caída de presión el diámetro antes seleccionado de 25mm

(PARKER, s.f.)

Con la realización del último nomograma y el cálculo antes realizado, la tubería a cada carga debe tener al menos 25,5[mm] de diámetro interno. Se busca en el mercado y se opta por la opción de la marca Parker modelo Transair, por su facilidad de instalación, modularidad y garantía de funcionamiento. Esta ofrece varios diámetros comerciales y se adopta la tubería inmediatamente superior al diámetro mínimo calculado, de 40[mm] de diámetro exterior. Mientras que el tramo central debe tener al menos 46[mm] de diámetro interior, se adopta la tubería de 50,8[mm] de diámetro exterior.



TUBO AZUL

Transair®	ø ext.	ø int.	L1 (m)	L (m)	Kg
1003A17 04 00	16,5	13	3	2,930	0,660
1004A17 04	16,5	13	4,5	4,430	0,990
1003A25 04 00	25	22	3	2,903	1,040
1006A25 04 00	25	22	6	5,903	1,933
1003A40 04 00	40	37	3	2,885	1,480
1006A40 04 00	40	37	6	5,885	2,860

TUBO AZUL

Transair®	ø ext.	ø int.	L1 (m)	L (m)	Kg
1003A50 04	50,8	48	3	2,950	2,142
1006A50 04	50,8	48	6	5,950	4,320
1003A63 04	63	59	3	2,950	3,140
1006A63 04	63	59	6	5,950	6,175

Imagen 86 Características Tubos Parker modelo Transair

Finalmente, la red de aire comprimido queda de la siguiente manera:

Accesorios	Diámetro [mm]	Cantidad	Unidad
Tubería principal	50,8	4,5	Metros
Tubería consumos	40	72,5	Metros
Codo 90°	50,8	2	Unidad
Codo 90°	40	10	Unidad
Tee	50,8	1	Unidad
Reductor	50,8 - 40	2	Unidad
Válvula esférica	50,8	1	Unidad
Válvula esférica	40	2	Unidad
Filtro-Regulador-Lubricador	40	2	Unidad

Tabla 44 Accesorios en línea de aire comprimido

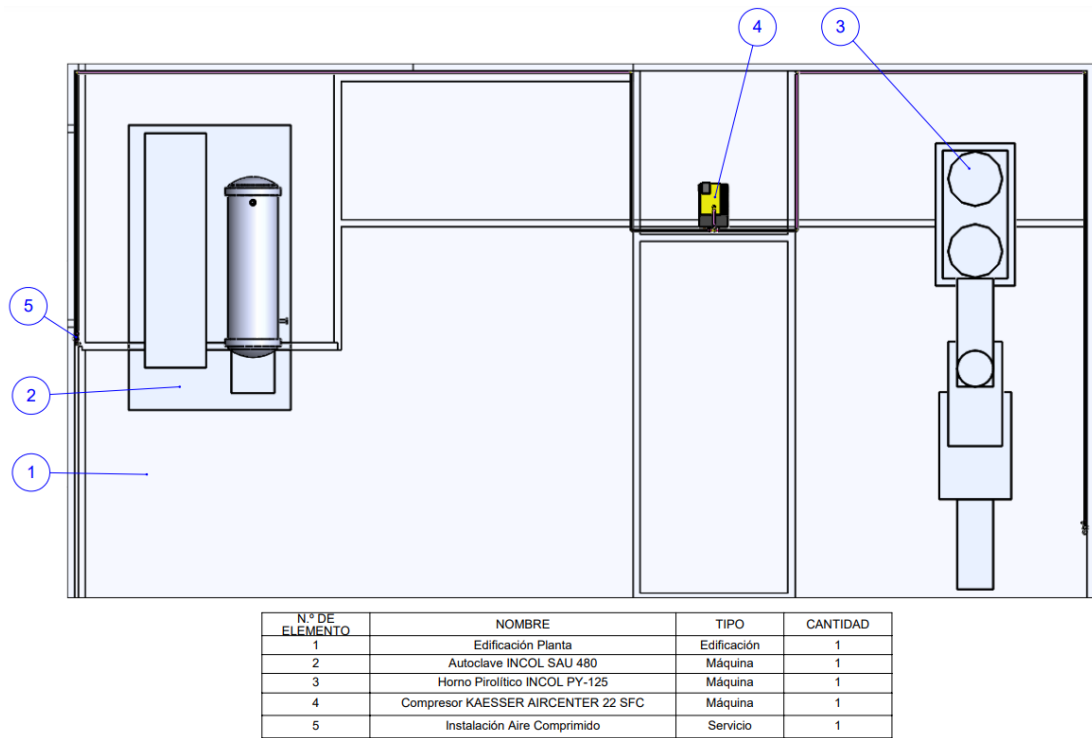


Imagen 87 Vista superior instalación aire comprimido

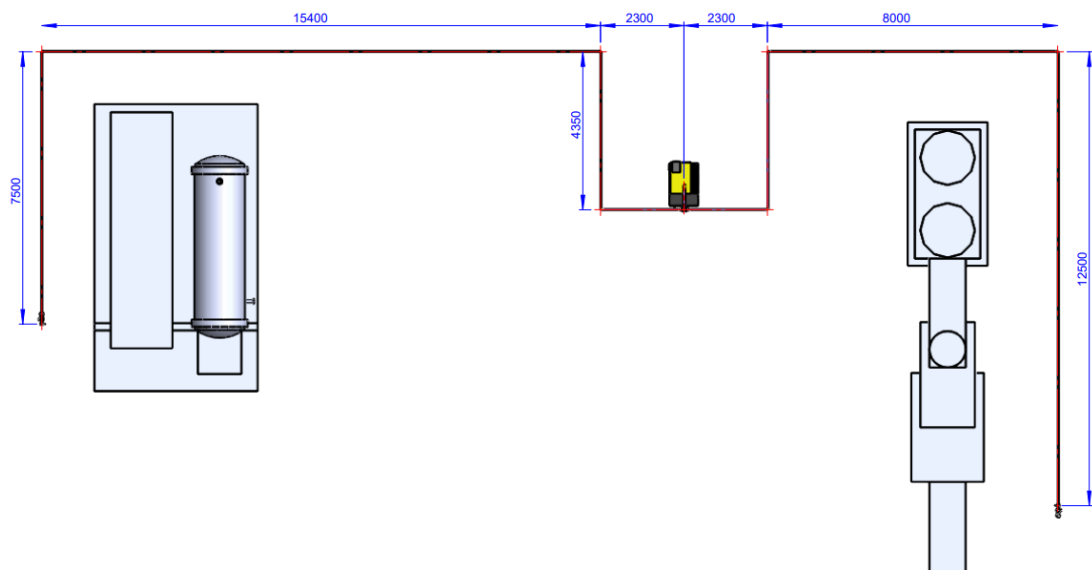


Imagen 88 Dimensiones instalación aire comprimido

2.11 Instalación de vapor

En la instalación se tiene dos consumos de vapor a considerar, que necesitan de este servicio para poder operar. El primero y de mayor demanda es el autoclave, cuya operación depende casi exclusivamente del vapor. En segundo lugar, se tiene la lavadora de contenedores plásticos, que utiliza vapor para calentar las distintas etapas de lavado de esta, hasta alcanzar los 50°C, luego su consumo cae levemente para poder mantener esta temperatura.

Se puede observar que cada equipo utiliza el vapor de diferente manera, con distintas demandas y tiempos de operación. Se consulta a los fabricantes y a las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos para poder, en primera instancia, seleccionar una caldera o generador de vapor acorde a las exigencias.

Luego de esto, se procede al diseño de la instalación de vapor en sí, su distribución y elementos que componen a esta. La correcta selección y diseño de la cañería de vapor son fundamentales para garantizar un flujo eficiente y seguro de vapor, maximizando la eficiencia energética y la confiabilidad del sistema en su conjunto.

Parámetros a determinar en el diseño de la cañería de vapor:

1. Caudal de vapor requerido: Se calcula el caudal de vapor necesario para satisfacer los requerimientos del autoclave, considerando los procesos específicos y las demandas de operación.
2. Diámetro y material de la cañería: Se determina el diámetro adecuado de la cañería de vapor según el caudal calculado y se selecciona el material más apropiado, considerando factores como la presión y la temperatura de trabajo.

3. Pérdida de carga: Se estima la pérdida de carga a lo largo de la cañería para asegurar que la presión del vapor en la entrada del autoclave se mantenga dentro de los rangos requeridos.
4. Selección de accesorios: Se elijen los accesorios adecuados, como válvulas, trampas de vapor y separadores, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y la seguridad de la operación.
5. Aislamiento térmico: Se determina el espesor y tipo de aislamiento necesario para minimizar las pérdidas de calor durante el transporte del vapor.

El diseño óptimo de esta cañería de vapor no solo asegura la eficiencia energética y la operación confiable del autoclave y la lavadora, sino que también contribuye a reducir costos operativos y mantener altos estándares de seguridad industrial.

2.11.1 Selección del generador de vapor

Siendo que el autoclave funciona principalmente con vapor, es necesario considerar una caldera que cumpla con las condiciones de servicio que el equipo de tratamiento de residuos requiera. Desde la empresa Incol S.A. se provee una caldera especialmente dimensionada para la operación del Autoclave, por lo que los datos de generación de vapor como caudal y presión de trabajo ya están dados para este consumo.

La lavadora de contenedores utiliza vapor para calentar tanto las etapas de lavado como el agua de lavado en sí, a través de la mezcla directa de vapor con el agua en cada cuba de la máquina. Si bien tiene un pico de consumo en el encendido de la máquina (mayor diferencia de temperatura), luego mantiene un consumo constante para poder mantener las condiciones de operación.

Se muestran a continuación, las condiciones del vapor que necesita cada equipo para su alimentación, datos sacados de especificaciones técnicas brindadas por los mismos fabricantes.

AUTOCLAVE:

- Caudal másico de consumo: 400 kg de vapor por hora.
- Presión de entrada al equipo: entre 8 y 10 bares.
- Potencia calorífica: 300000 kcal por hora.

LAVADORA DE CONTENEDORES:

- Caudal másico de consumo: entre 100 y 160 kg de vapor por hora.
- Presión de entrada al equipo: hasta 8 bares dependiendo del consumo y temperatura objetivo.
- Potencia calorífica: entre 70000 y 80000 kcal por hora.

A esto hay que destacar que en la misma ficha técnica del autoclave indica que “el generador de vapor debe ser de alta recuperación y de una presión normal de trabajo de 8/10 bares”.

Al diseñar generadores de vapor específicos para sus propios equipos, se consulta a la empresa INCOL, que provee el autoclave, con estos consumos y nos recomendaron la siguiente caldera:



Imagen 89 Caldera Incol 60

Con las siguientes especificaciones técnicas:

- Tipo: Humotubular, Tipo Paquete
- N° de pasajes de gases: 3 (tres)
- Tipo: De fondo Húmedo
- Tipo de hogar. Liso
- Presión de trabajo: 8 kg/cm².
- Presión de diseño: 10 kg/cm².
- Presión de prueba hidráulica: 12 kg/cm²
- Superficie de calefacción: 15 m²
- Tipo de vapor: Saturado Seco
- Temperatura del agua de alimentación 70 °C

- Quemador Marca Tectrol
- Combustible: Gas Natural o GLP
- Generación de vapor: 600 kg/hr
- Potencia calorífica: 600.000 kcal/hr
- Diámetro entrada de agua de alimentación: 1 ¼”
- Diámetro salida de vapor: 2”

Lo que nos queda determinar entonces, es el diseño de la cañería de vapor que une a estos dos equipos.

2.11.2 Diseño de la instalación de vapor

Existen dos puntos de demanda de vapor, que son distintos entre sí en distancia de la caldera como en consumo.

El autoclave trabaja con el vapor para realizar el proceso de tratamiento de los residuos. Esto, que logra la esterilización de todo lo contenido en su interior, hace que no pueda recuperar el vapor condensado luego del proceso. Para este caso particular diseñaremos una cañería de vapor sin retorno de condensado, también conocida como cañería de vapor en una sola dirección. Esta resulta un sistema más sencillo donde el condensado generado no se devuelve a la caldera, sino que se descarga en un punto determinado.

La lavadora de contenedores, en cambio, utiliza el vapor para calentar tanto las distintas etapas de la máquina, como el agua para el proceso de lavado. Esto lo realiza a través de la mezcla directa de vapor con el agua en las distintas cubas que la componen. Al mezclarse directamente el vapor, se puede decir que también se utiliza para el proceso de lavado. Entonces, al no poder recuperarse el vapor utilizado, no se requiere una línea de retorno de condensado.

A continuación, se detallan los accesorios que generalmente se encuentran en una cañería de vapor sin retorno de condensado:

1. Válvula de corte (válvula de bloqueo): Es una válvula que permite interrumpir el flujo de vapor en caso de emergencia, mantenimiento o cuando se requiere detener el suministro de vapor temporalmente.
2. Válvula de control: Se utiliza para regular el flujo de vapor en la cañería y mantener una presión adecuada dentro del sistema.
3. Separador de vapor: Su función principal es eliminar cualquier condensado o agua que pueda arrastrarse con el vapor, evitando así que llegue a los equipos o procesos que funcionan con vapor y puedan verse afectados por la presencia de líquido.
4. Trampa de vapor: Aunque esta cañería no tiene retorno de condensado a la caldera, es posible que se utilicen trampas de vapor para eliminar condensado acumulado en puntos bajos de la cañería o en equipos. Estas trampas permiten drenar el condensado sin perder vapor.
5. Válvula de alivio de presión: Un dispositivo de seguridad que se utiliza para proteger la cañería y los equipos conectados de posibles sobrepresiones que puedan surgir en situaciones de emergencia.
6. Válvula de purga: Se instala para permitir la purga de aire y otros gases no condensables presentes en la cañería de vapor. Esto ayuda a mantener una alta eficiencia en el transporte del vapor y evita problemas de corrosión.

7. Aislamiento térmico: Se aplica un aislamiento adecuado en toda la longitud de la cañería para minimizar las pérdidas de calor y mantener el vapor a la temperatura adecuada.
8. Manómetros: Son dispositivos para medir la presión del vapor en puntos clave de la cañería y asegurar que se mantenga dentro de los rangos de diseño.

Los elementos mencionados anteriormente para la cañería de vapor sin retorno de condensado también se aplican a la cañería de vapor con retorno de condensado. Este no resulta ser este caso particular, pero se aclara a continuación los elementos extra que la constituyen:

1. Tanque de condensado: Es el lugar donde se recopila el condensado generado por el vapor una vez que ha sido utilizado en los procesos. Desde este tanque, el condensado se devuelve a la caldera para ser nuevamente convertido en vapor.
2. Bomba de condensado: Se utiliza para impulsar el condensado desde el tanque de condensado hacia la caldera. Esto asegura que el condensado retorne eficientemente y se aproveche su energía.
3. Válvula de retención (válvula check): Se coloca en la línea de retorno de condensado para evitar que el vapor fluya hacia el tanque de condensado.

2.11.2.1 Determinar diámetro de tubería

Para determinar el diámetro de la tubería, primero hay que conocer la demanda de vapor de este equipo y/o la generación de vapor que puede lograr la caldera.

Según la ficha técnica del Autoclave SAU-480 de INCOL, el mismo trabaja con vapor saturado dentro de las siguientes condiciones:

- Presión Normal de Trabajo: 40 psi (2,85 bar)

- Presión Máxima de Diseño: 75 psi (5,3 bar)
- Temperatura Normal de Operación: 134/135° C
- Temperatura Máxima de Operación: 180° C

El autoclave cuenta con su sistema propio para el manejo de vapor, el cual incluye los siguientes accesorios:

1. Válvula de Seguridad: Válvula a resorte y/o contrapeso, construida en aleación de Bronce 80 / 20. Ante presión excesiva en el Cuerpo del Equipo, las válvulas abren el paso de vapor hacia el exterior.
2. Válvulas de Purga: Válvulas con Actuador de Accionamiento Neumático para purga, de acero inoxidable calidad AISI 304, que facilitan la descarga de los líquidos de las cañerías de vapor.
3. Válvula Esféricas: Construidas en acero inoxidable AISI 304, con Actuador de Accionamiento Neumático para controlar el paso del vapor.

Si bien no cuenta con reguladora de presión en la entrada de vapor al autoclave, el mismo funciona abriendo el paso de vapor a la cámara donde se ubican los residuos hasta llegar a las condiciones de presión y temperatura de trabajo adecuadas para que ocurra el proceso de esterilización.

Además, la misma ficha técnica indica que “el generador de vapor debe ser de alta recuperación y de una presión normal de trabajo de 8/10 bares”. Esto ya se obtiene el dato de la presión que tendría la tubería.

Dentro de los datos proporcionados por la empresa INCOL sobre su caldera, indican que la misma cuenta con una salida de vapor de 2” de diámetro. Esto se obtiene un parámetro para el dimensionamiento del diámetro de la cañería.

Falta determinar la velocidad del vapor dentro de la cañería. Según “Guía de referencia técnica: distribución del vapor” (Spirax Sarco, 1999):

Para tuberías de distribución de vapor saturado seco, la experiencia demuestra que son razonables las velocidades entre 25 - 40 m/s.

Con todos estos datos, se puede determinar el diámetro de la cañería de vapor, además de verificar si la salida de la caldera corresponde con la instalación.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Si se utiliza la ecuación de velocidad mostrada en el capítulo anterior de instalación neumática, los resultados del diámetro interno de la tubería son:

Componente	Presión de trabajo (salida caldera) [bar]	Consumo [kg/h]	Volumen específico vapor saturado [m ³ /kg]	Consumo [m ³ /h]	Velocidad de vapor [m/s]	Diámetro por velocidad de flujo [mm]
Autoclave	10	400	0,177232	70,8928	25	31,67
					40	25,04
Lavadora de Contenedores	10	160	0,177232	28,35712	25	20,03
					40	15,83

Tabla 45 Cálculo de diámetro de tubería vapor

Se puede observar que puede variar entre 25 y 32 mm de diámetro interior. A mayor diámetro, menor velocidad del vapor y menor pérdida de presión en el trayecto, pero a un mayor costo de la instalación.

A continuación, se muestran los diámetros interiores de los distintos diámetros nominales de los tubos Schedule 40:

Diámetro nominal	Diámetro interior (Sch.40)
1"	26,60
1" 1/4	35,10
1" 1/2	40,90
2"	52,50

Tabla 46 Diámetros interiores caños Schedule 40

Se puede observar que, para el caso de la lavadora de contenedores, con un tubo de diámetro nominal 1" es suficiente para hacer la línea de vapor a este equipo. Para el caso del autoclave, al tener ya parte de la instalación de vapor incorporada al equipo, y esta es de diámetro nominal 2", se adopta esta medida para su línea de vapor.

Cabe mencionar que este método no considera la rugosidad interior de la tubería. Para una determinación exacta se tiene la ecuación de Darcy-Weisbach que permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería y no presenta restricciones, pudiéndose aplicar en todo tipo de tuberías y con todo tipo de fluidos:

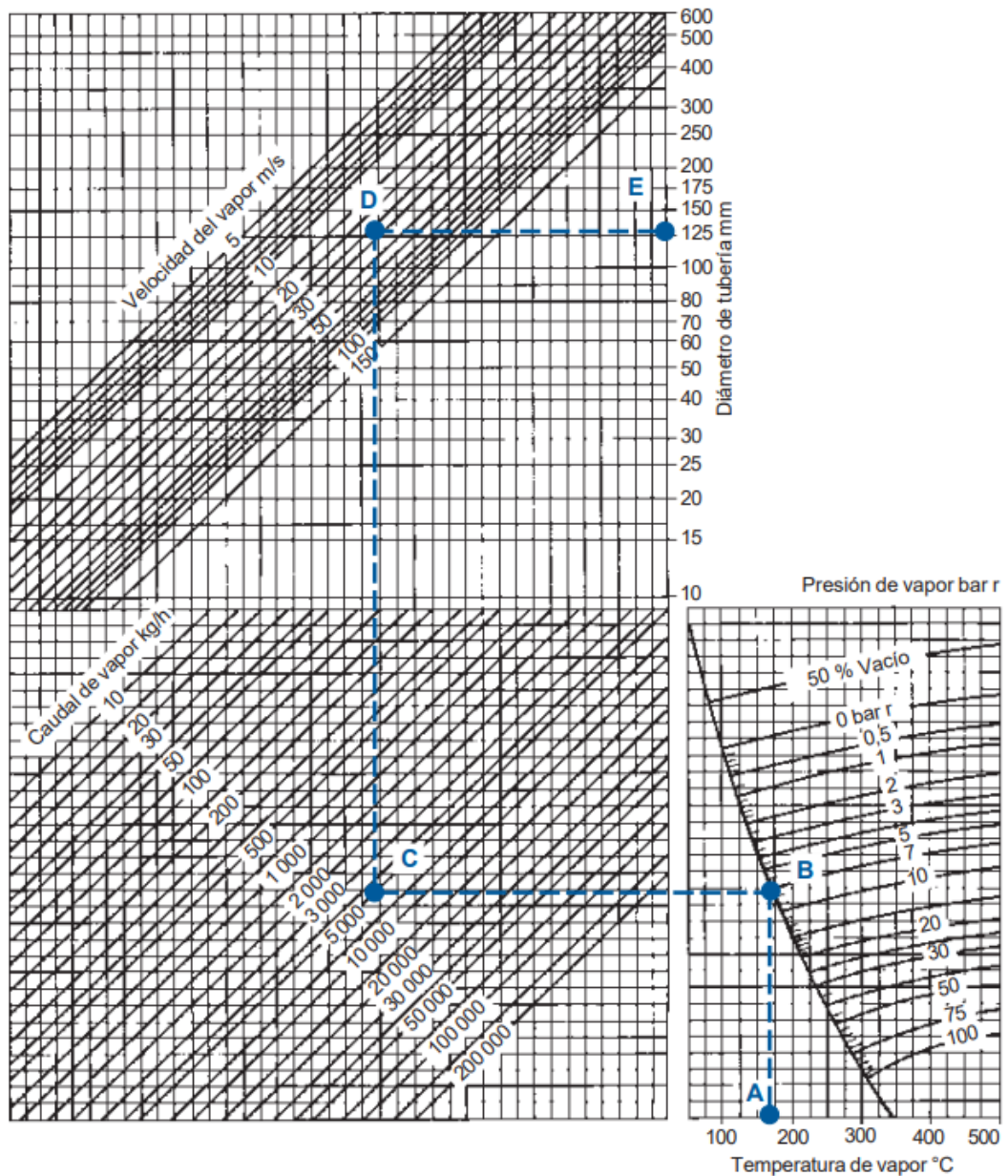
$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8 \times Q^2}{\pi^2 \times g}$$

Donde:

- h_f la pérdida de carga debida a la fricción
- L/D relación entre la longitud y el diámetro de la tubería
- V la velocidad media de flujo
- g aceleración debida a la gravedad (9.81 m/s²)
- f factor de fricción de Darcy

Esta ecuación es utilizada por la calculadora PTC VAPOR brindada por el EREN (ente región de la energía de Castilla y León, España) y Spirax Sarco, que se muestra en la siguiente parte de este capítulo, para verificar la pérdida de carga de la selección. También se verifica usando nomogramas proporcionados por Spirax Sarco. Para esto se aproxima la longitud total de tubería y la longitud equivalente de los accesorios.

Fig. 6 Gráfico para dimensionar tuberías para vapor saturado y vapor recalentado (método de la velocidad)



La línea discontinua A, B, C, D, E, hace referencia al ejemplo de la página 10.

Imagen 90 Nomograma diámetro de cañería Spirax Sarco

En este nomograma se indica la presión en [bar r] que es lo mismo que [bar g] e indica que se trata de presión relativa, cuyo valor indica la presión en bares por encima de la presión atmosférica. Tanto los datos de trabajo de la caldera como de los equipos también utilizan esta presión, por lo que no existen diferencias en el valor. Sin embargo, se considera oportuno mencionarlo. Se observa que en tanto en el nomograma como en la calculadora usados para la verificación, se indica [bar g] o [bar r] y que por practicidad nosotros se utiliza [bar], pero estos corresponden a la misma unidad.

2.11.2.2 Verificación por caída de presión: Autoclave

Primero se puede observar los metros lineales que tiene la tubería desde el manifold de distribución de vapor hasta el punto de consumo (acople al autoclave).

Al estar relativamente cerca el equipo del generador de vapor, la distancia no es de gran magnitud:

- Longitud horizontal: $5,3 + 1 = 6,3$
- Longitud vertical: $5 + 5 = 10$

$$\text{Longitud lineal} = 10 + 6,3 = 16,3 [m]$$

Se exagera la longitud vertical, considerando que la cañería “sube” 5 metros desde la caldera y “baja” otros 5 metros hasta conectarse al consumo. Se toma así para sobredimensionar y contemplar variaciones del recorrido que en el momento de estos cálculos no están definidos.

Los valores de longitud equivalente de los accesorios se obtienen de la siguiente tabla (Junta de Castilla y León, 2010).

ACCESORIO	Le/D
CODO 45°	15
CODO 90° RADIO STANDARD	32
CODO 90° RADIO MEDIANO	26
CODO 90° RADIO GRANDE	20
CODO 90° EN ESCUADRA	60
CODO 180°	75
CODO 180° RADIO MEDIANO	50
TE (usada como codo, con entrada por la parte recta)	60
TE (usada como codo, con entrada por la derivación)	90
ACOPLAMIENTO	despreciable
UNIÓN	despreciable
VÁLVULA DE COMPUERTA (abierta)	7
VÁLVULA DE ASIENTO (abierta)	300
VÁLVULA ANGULAR (abierta)	170
VÁLVULA DE ESFERA	3

Tabla 47 Longitudes equivalentes de accesorios en vapor

La cantidad de accesorios y su longitud equivalente se muestran a continuación:

Autoclave SA-U 480		Diámetro Exterior [mm]	60,3
Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]	Total [m]
Codo 90°	5	1,93	9,65
Válvula esférica	2	0,18	0,36
Válvula antirretorno	1	0,18	0,18

Tabla 48 Longitudes equivalentes de accesorios línea Autoclave

La longitud total para la verificación de la caída de presión es de:

Equipo	Diámetro nominal	Longitud Tubería Líneal [m]	Longitud Equivalente Accesorios [m]	Total [m]
Autoclave	2"	16,3	10,19	26,5

Tabla 49 Longitud total línea a Autoclave

Con estos valores se dirige a la calculadora PTC Vapor para determinar la caída de presión de esta línea:

Cálculo de pérdidas de carga para flujo de vapor saturado o recalentado en un tramo de tubería de diámetro uniforme

PROPIEDADES DE LA TUBERÍA				
rugosidad absoluta	ε	0,025	hierro galvanizado	mm
rugosidad relativa	ε/D	0,00047170		
diámetro interior	D	53 mm		
longitud tubería recta	L	16 m		
longitud equivalente de accesorios	La	11 m	Manual	10,5 m
longitud equivalente total	Le	27 m		
PROPIEDADES DEL VAPOR <small>Resueltas según industrial standard IAPWS-IF97</small>				
presión manométrica	P	10 barg		
temperatura	T	185 °C		
temperatura saturación	Ts	184,12 °C		
densidad	ρ	5,626812 kg/m³		
viscosidad dinámica	μ	0,015206 cP (mPa)		
viscosidad cinemática	ν	2,702402 cSt		
PROPIEDADES DE TRANSPORTE <small>Resueltas mediante ecuaciones de Darcy-Weisbach y White-Colebrook</small>				
caudal volumétrico	Q	71,09 m³/h		
caudal masico	Qm	400,00 kg/h	No corregir de condensacion	
caudal masico corregido	Qmc	400,00 kg/h		
velocidad	v	9,0 m/s		
número de Reynolds	R	1,76E+05		
factor de fricción	fc	0,018915		
PERDIDA DE CARGA	h	38,66 mcv		
PERDIDA DE CARGA	h	0,02 barg		

Tabla 50 Resultado calculadora PTC Vapor para Autoclave

$$\text{Pérdida de carga} = 0,02 \text{ [bar]}$$

Se puede observar que es una pérdida de carga despreciable para este diámetro de tubería, esto indicaría que podría seleccionarse un diámetro de tubería menor para ahorrar costos de la instalación. Sin embargo, el equipo ya viene construido con su entrada de vapor con este diámetro, por lo que los cálculos se ven condicionados por esta. También, al ser una línea de vapor de poca longitud, los costos de la misma no resultan mucho mayores comparados a una de un diámetro nominal menor.

Cabe mencionar que la velocidad del vapor en este caso es baja, y menor a las velocidades normales que indica Spirax Sarco en su manual. Sin embargo, aquí estamos priorizando tener una baja caída de presión y a su vez, una fácil instalación de la línea con el equipo, así como simplificar la variedad de piezas necesarias en el pañol para reemplazos o reparaciones.

Se dirige al nomograma (Spirax Sarco, 1999) para verificar el diámetro interior por caída de presión:

Fig. 7 Gráfico de dimensionado de tuberías de vapor (método de la caída de presión)



Imagen 91 Nomograma Caída de Presión Autoclave Spirax Sarco

Da una caída de presión cada 100 metros de 0,14 [bar], lo que resulta en una caída de presión de:

$$\frac{0,14[\text{bar}]}{100[\text{m}]} \times 22,6[\text{m}] = 0,032[\text{bar}]$$

Verifica a la caída de presión.

2.11.2.3 Verificación por caída de presión: Lavadora de Contenedores

Primero se observan los metros lineales que tiene la tubería desde el manifold de distribución de vapor hasta el punto de consumo (acople a la lavadora).

- Longitud horizontal: $17 + 5 + 1 = 23[m]$
- Longitud vertical: $5 + 5 = 10$

$$\text{Longitud lineal} = 10 + 23 = 33 [m]$$

Se exagera la longitud vertical, considerando que la cañería “sube” 5 metros desde la caldera y “baja” otros 5 metros hasta conectarse al consumo. Se toma así para sobredimensionar y contemplar variaciones del recorrido que al momento de estos cálculos no están definidos.

Los valores de longitud equivalente de los accesorios se obtienen de la tabla (Junta de Castilla y León, 2010) mostrada en el caso anterior.

La cantidad de accesorios y su longitud equivalente se muestran a continuación:

Lavadora de Carros		Diámetro Exterior [mm]	33,4
Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]	Total [m]
Codo 90°	6	1,07	6,41
Tee (Derivación)	1	3,01	3,01
Válvula esférica	2	0,10	0,20
Separador de vapor (se adopta como tipo v. de compuerta)	1	0,23	0,23
Filtro de vapor (se adopta como tipo v. antirretorno)	1	0,10	0,10
Válvula antirretorno	1	0,10	0,10
Válvula de asiento (Globo)	1	10,02	10,02
Válvula reguladora de presión (se adopta como tipo v. globo)	1	10,02	10,02

Tabla 51 Longitud equivalente de accesorios línea Lavadora de Contenedores

La longitud total para la verificación de la caída de presión es de:

Equipo	Diámetro nominal	Longitud Tubería Líneal [m]	Longitud Equivalente Accesorios [m]	Total [m]
Autoclave	2"	16,3	10,19	26,5
Lavadora de Contenedores	1"	33	30,09	63,1

Tabla 52 Longitud total línea Lavadora de contenedores

Con estos valores se dirige a la calculadora PTC Vapor para determinar la caída de presión de esta línea:

[Cálculo de pérdidas de carga para flujo de vapor saturado o recalentado en un tramo de tubería de diámetro uniforme](#)

PROPIEDADES DE LA TUBERIA

rugosidad absoluta	ε	0,025	hierro galvanizado	mm
rugosidad relativa	ε/D	0,00092593		
diámetro interior	D	27		mm
longitud tubería recta	L	33		m
longitud equivalente de accesorios	La	30	Manual	30 m
longitud equivalente total	Le	63		m

PROPIEDADES DEL VAPOR Resueltas según industrial standard IAPWS-IF97

presión manométrica	P	10		barg
temperatura	T	185		°C
temperatura saturación	Ts	184,12		°C
densidad	ρ	5,626812		kg/m³
viscosidad dinámica	μ	0,015206		cP (mPa)
viscosidad cinemática	ν	2,702402		cSt

PROPIEDADES DE TRANSPORTE Resueltas mediante ecuaciones de Darcy-Weisbach y White-Colebrook

caudal volumétrico	Q	28,44		m³/h
caudal masico	Qm	160,00	No corregir de condensacion	kg/h
caudal masico corregido	Qmc	160,00		kg/h
velocidad	v	13,8		m/s
número de Reynolds	R	1,38E+05		
factor de fricción	fc	0,021300		
PERDIDA DE CARGA	h	482,59		mcv
PERDIDA DE CARGA	h	0,27		barg

MENU

Tabla 53 Resultado calculadora PTC Vapor para Lavadora

$$\text{Pérdida de carga} = 0,27 \text{ [bar]}$$

Se puede observar que es una pérdida de carga también pequeña para este diámetro de tubería, similar al caso anterior.

Se dirige al nomograma (Spirax Sarco, 1999) para verificar el diámetro interior por caída de presión:

Fig. 7 Gráfico de dimensionado de tuberías de vapor (método de la caída de presión)

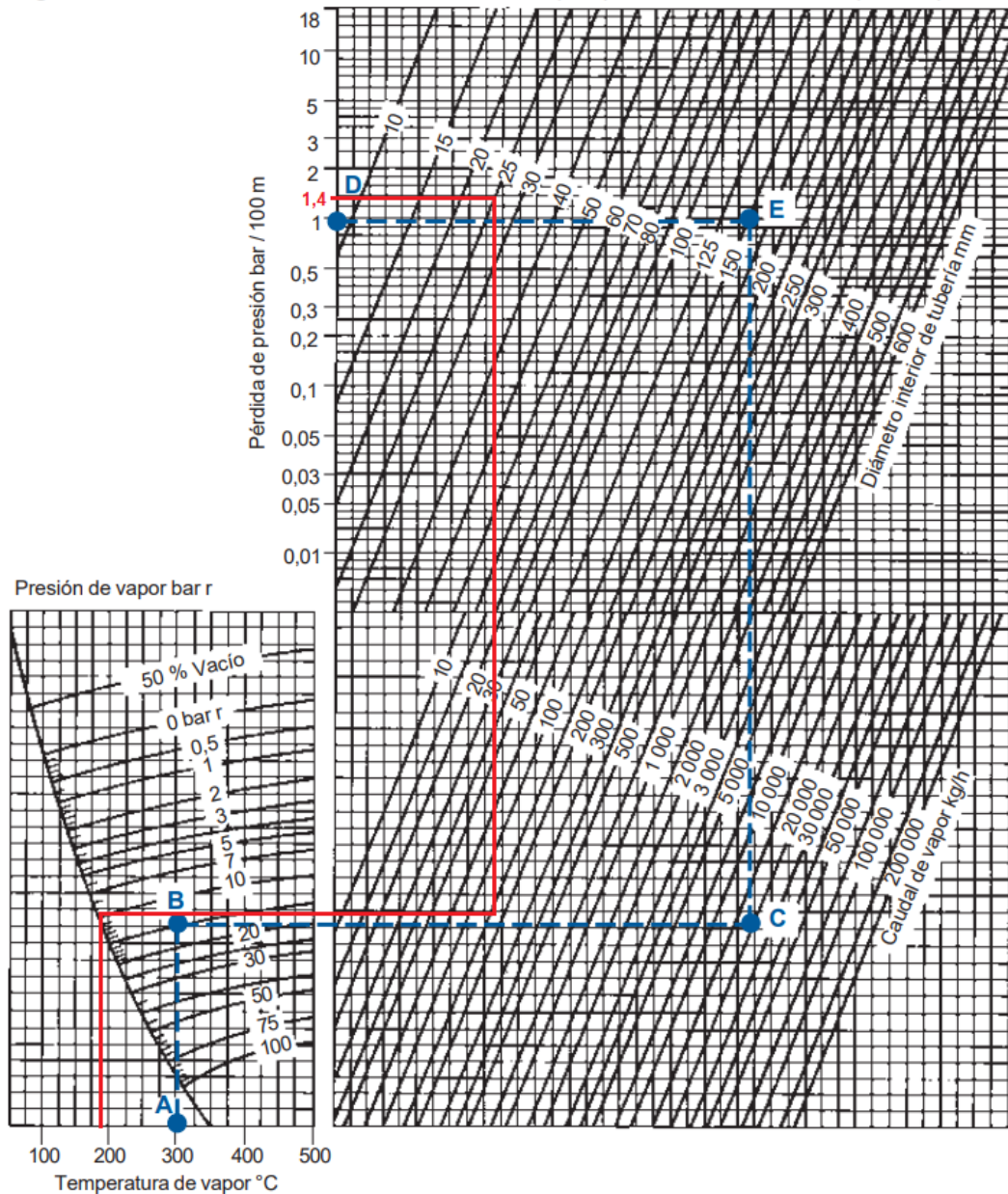


Imagen 92 Nomograma Caída de Presión Lavadora Spirax Sarco

Da una caída de presión cada 100 metros de 1,4 [bar], lo que resulta en una caída de presión de

$$\frac{1,4[bar]}{100[m]} \times 63[m] = 0,882[bar]$$

Verifica a la caída de presión.

2.11.2.4 Aislación de tuberías

Un factor que afecta directamente en la eficiencia de la instalación, son las pérdidas de calor de las propias líneas de distribución de vapor. Es por esto que deben aislarse siempre que se permita.

Consultando con profesores de distintas cátedras, decidimos realizar la aislación en lana de roca, con espesor de 50mm.

Determinaremos ahora, junto con la Calculadora de TLV (Compañía Especialista en Vapor), las pérdidas generadas en la instalación y el condensado que estas mismas generan. Esta utiliza la siguientes ecuaciones para determinar los valores:

$$Q_r = \frac{2\pi(T_s - T_{am})}{\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{d_1+2L}{d_1}\right) + \frac{2}{\alpha(d_1+2L)}}$$

$$m_c = \frac{3.6 \cdot Q_r}{\Delta H} \cdot l$$

Donde:

- L : Espesor de Aislamiento [m]
- T_{am} : Temperatura Ambiente [°C]
- α : Coeficiente de Transferencia de Calor [W/m²-K]
- λ : Coeficiente de Conductividad Térmica [W/m-K]
- m_c : Carga de Condensado [kg/h]
- Q_r : Calor Radiante [W/m]
- d_1 : Diámetro externo de tubería [m]

Introducir Datos

	Unidades SI(bar) ▾	
Grado de Tubería	ANSI Sch40 ▾	
Tamaño de Tubería	NPS2 ▾	
Aislamiento [?]	Rockwool ▾	
Presión de Vapor	10	barG ▾
Espesor de Aislamiento	50	mm ▾
Longitud de la Tubería [?]	16	m ▾

[Mostrar Opciones Avanzadas](#)

Calcular

[Limpiar](#)

Resultados

Carga de Condensado	1.55968	kg/h ▾
Calor Radiante	866.175	W ▾

Tabla 54 Calculadora aislación de tubería Autoclave

$$Q_r = 866,175[W]$$

$$m_c = 1,56 \left[\frac{kg}{hr} \right]$$

Y para el tramo en 1” que se dirige a la lavadora de contenedores:

Introducir Datos

		Unidades SI(bar) ▼	
Grado de Tubería	ANSI Sch40 ▼		
Tamaño de Tubería	NPS1 ▼		
Aislamiento [?]	Rockwool ▼		
Presión de Vapor	10	barG ▼	
Espesor de Aislamiento	50	mm ▼	
Longitud de la Tubería [?]	33	m ▼	

[Mostrar Opciones Avanzadas](#)

Resultados		
Carga de Condensado	2.28655	kg/h ▼
Calor Radiante	1269.84	W ▼

Tabla 55 Calculadora aislación de tubería Lavadora

$$Q_r = 1270[W]$$

$$m_c = 2,3 \left[\frac{kg}{hr} \right]$$

2.11.2.5 Apoyos y expansión de la tubería

Tanto la línea de vapor como todos sus accesorios deben estar correctamente apoyados y fijados a la infraestructura de la planta.

Se dirige al manual de Spirax Sarco, que indica todas las consideraciones que se debe tener respecto a la fijación y dilatación de la línea de vapor.

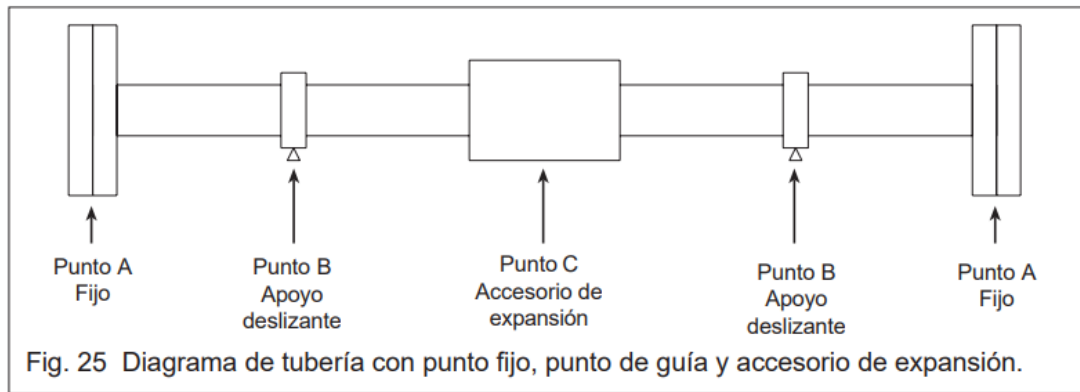


Imagen 93 Diagrama de apoyos Spirax Sarco

1. El punto fijo (A) es un dato de posición desde donde comienza la dilatación.
2. El punto de guía (B) permite el movimiento libre de dilatación de la tubería, manteniendo a la vez la alineación.
3. El accesorio de expansión (C) es un método de adaptación a la dilatación. Estos accesorios se montan en la línea, y están diseñados para acomodar la dilatación, sin que cambie la longitud total de la tubería.

Los patines son un método ideal de soporte de las tuberías, pues les permiten el movimiento en dos direcciones. Para las tuberías de acero, los patines deben estar fabricados en material férnico.

Generalmente los soportes de tuberías deben cumplir la BS 3974, Parte 1, 1974: 'Soportes colgados, deslizantes y de patín' Algunos puntos importantes son:

- Los soportes deben ir montados en las uniones de tuberías, (curvas, 'T', válvulas y bridas), y a intervalos no mayores a los mostrados en la tabla que hay más abajo. La razón de colocar los soportes en las uniones es para eliminar las tensiones en juntas roscadas o con bridas.

- Cuando el movimiento vaya a ser considerable, como en tramos de tubería recta de longitud superior a 15 m, los soportes deberán ser de tipo patín como se mencionó anteriormente.

En la tabla n°5 del manual indica las recomendaciones de la distancia entre apoyos dependiendo del diámetro de la cañería:

Tabla 5 Soportes recomendados para tubería

Diámetro nominal (mm) Acero/Cobre		Intervalo de recorrido horizontal (m)		Intervalo de recorrido vertical (m)	
ø interior	ø exterior	Acero suave	Cobre	Acero suave	Cobre
12	15		1,0		1,2
15	18	2,0	1,2	2,4	1,4
20	22	2,4	1,4	3,0	1,7
25	28	2,7	1,7	3,0	2,0
32	35	2,7	1,7	3,0	2,4
40	42	3,0	2,0	3,6	2,4
50	54	3,4	2,0	4,1	2,4
65	67	3,7	2,0	4,4	2,9
80	76	3,7	2,4	4,4	3,2
100	108	4,1	2,7	4,9	3,6
125	133	4,4	3,0	5,3	4,1
150	159	4,8	3,4	5,7	
200	194	5,1		6,0	
250	267	5,8		5,9	

Tabla 56 Distancia entre soporte para tubería Spirax Sarco

Si bien se estima en los cálculos una subida y bajada vertical de 5 metros para la cañería, en el diseño final, la altura máxima de la tubería de vapor no llega a los 3 metros. Por este motivo, no se instalan apoyos verticales en la línea.

En cuanto a los apoyos horizontales, se toman las siguientes recomendaciones:

- Para la línea de DN 2": un apoyo cada 3400 [mm].
- Para la línea de DN 1": un apoyo cada 2700 [mm]. En este caso, deben ser del tipo "Patín", por la distancia entre el generador de vapor y la lavadora de contenedores.

La expansión en la línea de vapor la se determina con la tabla n°6 y figura n°34 del manual Spirax Sarco:

Tabla 6 Dilatación de las tuberías (mm cada 10 m)

Temperatura °C	Materiales				
	Acero al carbono mm/10 m	Acero 12 % Cr mm/10 m	Acero inox. 18/8 mm/10 m	Hierro dúctil mm/10 m	Cobre mm/10 m
-30	-4,99	-5,05	-7,79	-4,54	-7,16
-25	-4,44	-4,49	-6,92	-4,04	-6,38
-20	-3,90	-3,94	-6,05	-3,53	-5,59
-15	-3,35	-3,38	-5,19	-3,03	-4,79
-10	-2,80	-2,82	-4,32	-2,52	-4,00
-5	-2,24	-2,26	-3,46	-2,02	-3,20
0	-1,69	-1,69	-2,59	-1,51	-2,41
5	-1,13	-1,13	-1,73	-1,01	-1,61
10	-0,56	-0,57	-0,86	-0,50	-0,80
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,57	0,57	0,86	0,50	0,81
25	1,14	1,13	1,73	1,01	1,61
30	1,71	1,70	2,59	1,51	2,42
35	2,29	2,27	3,46	2,02	3,24
40	2,86	2,84	4,32	2,52	4,05
45	3,44	3,42	5,18	3,21	4,87
50	4,03	3,99	6,05	3,75	5,68
55	4,61	4,56	6,91	4,28	6,50
60	5,20	5,14	7,78	4,82	7,33
65	5,79	5,72	8,64	5,36	8,15
70	6,39	6,29	9,50	5,89	8,98
75	6,98	6,87	10,37	6,43	9,80
80	7,58	7,45	11,23	6,96	10,63
85	8,18	8,03	12,09	7,50	11,47
90	8,79	8,62	12,95	8,03	12,30
95	9,39	9,20	13,82	8,57	13,14
100	10,00	9,78	14,68	9,10	13,97
110	11,23	10,96	16,41	10,53	15,66
120	12,47	12,13	18,13	11,64	17,35
130	13,72	13,32	19,85	12,75	19,04
140	14,97	14,50	21,58	13,86	20,75
150	16,24	15,69	23,30	14,97	22,46
160	17,52	16,89	25,02	16,00	24,19
170	18,81	18,08	26,75	17,14	25,92
180	20,11	19,29	28,47	18,29	27,65
190	21,43	20,50	30,19	20,03	29,40
200	22,75	21,71	31,91	21,18	31,15
210	24,08	23,04	33,63	23,38	
220	25,42	24,28	35,35	24,58	
230	26,78	25,53	37,07		

Tabla 57 Dilatación de tuberías Spirax Sarco

$$\Delta d = \frac{20[mm]}{10[m]}$$

Se tiene distancias desde el generador de vapor hasta los consumos de:

Equipo	Diámetro nominal	Longitud Tubería Caldera-Colector [m]	Longitud Tubería Colector-Consumo [m]	Longitud Tubería Total [m]
Autoclave	2"	5	11,3	16,3
Lavadora de Contenedores	1"	5	28	33

Tabla 58 Longitud total tubería para cada carga

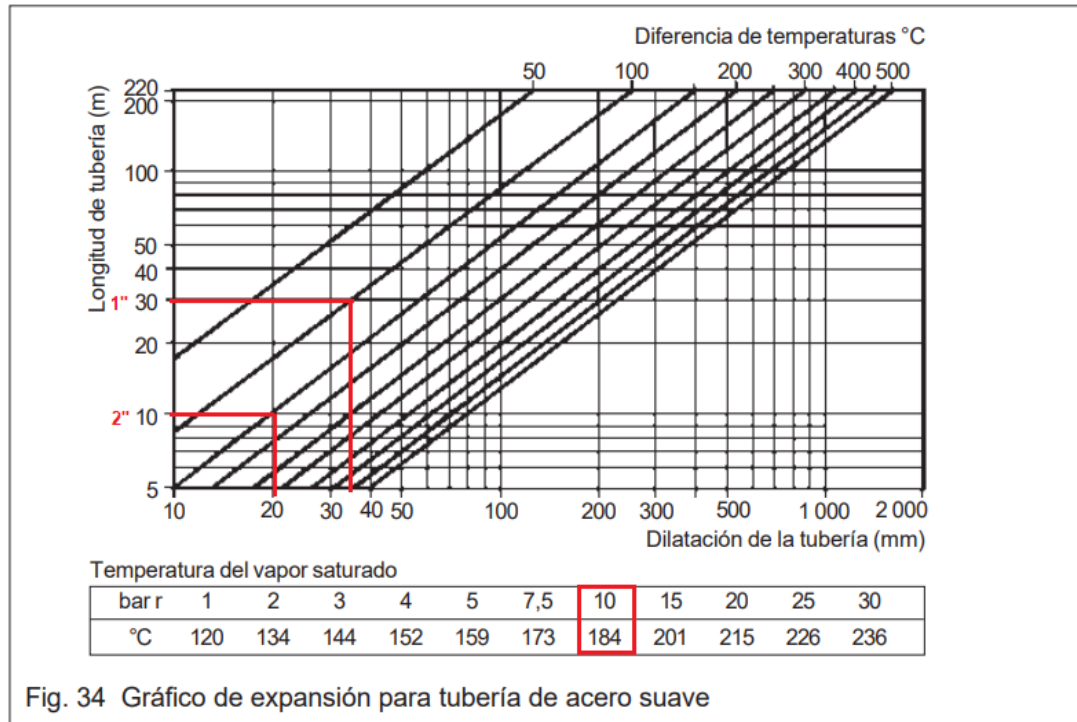


Imagen 94 Gráfico de expansión para tubería de acero suave

Se toma como una diferencia de temperatura de 150[°C] entre la temperatura ambiente (tubería sin vapor en su interior) y la del vapor a 10 [barg] (tubería con vapor).

Se obtiene una dilatación de:

- 20[mm] Para la línea que se dirige al autoclave.
- 35[mm] Para la línea que se dirige a la lavadora de contenedores.

Como accesorio de expansión, se puede observar las distintas opciones que recomienda el manual, entre ellos destaca el fuelle o junta de expansión:

- Accesorio que se monta en la línea y no requiere empaquetadura, como en el caso de la junta deslizante. Pero presenta las mismas desventajas que la junta deslizante en cuanto que la presión interna tiene tendencia a alargar

el accesorio, por lo que los anclajes y las guías deben ser capaces de soportar estas fuerzas.

Se adopta una junta de expansión de la marca GENEBRE de presión máxima de trabajo de 16 [barg] y temperatura de trabajo -40 [°C] / + 300 [°C], que cuentan con las siguientes características físicas:

Parámetros de compensación / Performance parameter:

Referencia / Reference	DN	Presión de Trabajo / Working Pressure (bar)	Temperatura de trabajo / Working Temperature (°C)	Compensación Axial en diferentes ciclos de trabajo (mm) / Axial compensation in different cycle (mm)			Índice de Elasticidad Axial / Axial Spring Rate (Kg/mm)	Área Efectiva / Effective Area (cm2)
				≤ 1000 Ciclos / Cycle	≤ 5000 Ciclos / Cycle	≤ 10000 Ciclos / Cycle		
2835E 06	25			± 11	± 6	± 5	40	16,3
2835E 07	32			± 11	± 6	± 5	40	16,3
2835E 08	40			± 11	± 6	± 5	40	16,3
2835E 09	50	16	300	± 15	± 9	± 7	28	27,3
2835E 10	65			± 17	± 9	± 7	33	47,3
2835E 11	80			± 17	± 9	± 7	34	58
2835E 12	100			± 16	± 9	± 6	45	98,5
2835E 13	125			± 14	± 8	± 6	63	160,6
2835E 14	150			± 18	± 10	± 8	76	228,3
2835E 16	200			± 26	± 15	± 12	56	366,4

Tabla 59 Características juntas de expansión Genebre

La cantidad de juntas de expansión para cada línea de consumo es la siguiente:

- Colector a Autoclave de DN 2'': 1 junta de expansión de 2'' (DN 50)
 $Total\ dilatación = \pm 15[mm] = 30[mm] > 20[mm]$
- Colector a Lavadora de contenedores de DN 1'': 2 junta de expansión de 1'' (DN 25) $Total\ dilatación = 2 \times \pm 11[mm] = 2 \times 22[mm] = 44[mm] > 35[mm]$

2.11.2.6 Otras consideraciones de diseño de la instalación

Llevando el proyecto a la realidad, por consumos, distancias y tamaño de la instalación, las recomendaciones o criterios explicados en el manual de Spirax Sarco no resultan convenientes.

Los criterios adoptados para los diferentes cambios realizados se indican a continuación:

1. **Colector de distribución de vapor:** para consumos de mayores tamaños y variabilidad, se suele utilizar como colector de distribución de vapor (donde se distribuye a cada uno de los consumos) un diámetro de tubería mucho mayor al de salida del generador de vapor. Esto se hace ya que cumple la función de “pulmón”, que permite mantener una presión de vapor más constante en el sistema ante variabilidades de la carga.

Para este caso particular, que se tiene una generación reducida en tamaño y consumos escasos (comparados con las instalaciones de vapor donde si se utiliza este tipo de colector), se anula este aumento de sección y se mantiene el mismo diámetro que el de la salida de la caldera. Por el propio funcionamiento de la lavadora, autoclave y caldera (de alta recuperación), este “pulmón” no cumpliría una función significativa.

2. **Purga de condensado o set de trampeo de vapor:** el manual de Spirax sarco recomienda que, en cada punto de distribución de vapor, se coloque un set de trampeo de vapor, con el fin de eliminar el condensado generado en el transporte de vapor a lo largo de la línea. Así, se elimina el condensado antes de que se dirija hacia el consumo, tomando este solo vapor seco.

Al tener en la instalación una distancia tan reducida, desde la salida de la caldera hasta la distribución a los consumos, este set de trampeo actuaría

muy pocas veces. Su instalación también complejiza esta parte del recorrido de la línea y aumenta los costos en gran medida. El condensado que se genera en la línea para cada consumo vimos en el subtema anterior que es escaso (1,56 [kg/hr] para el autoclave y 2,3 [kg/hr] para la lavadora). Además, el Autoclave cuenta ya con su set de trampeo para eliminar el condensado, por lo que no se debe eliminar en la línea que diseñamos nosotros.

En el caso de la lavadora, la cual no cuenta con ninguna regulación y trampeo de vapor de fábrica, se debe realizar el cuadro de regulación de vapor para esta. Debido a que su consumo será para mezclar con agua (el condensado no influye en este aspecto), no requiere de una calidad de vapor alta, pero si de una regulación de caudal y presión.

3. **Cuadro de regulación de vapor para lavadora de contenedores:** Según el manual de Spirax Sarco, antes de cada consumo, es recomendable tener un cuadro de regulación de vapor compuesto por todos estos elementos de la siguiente manera:

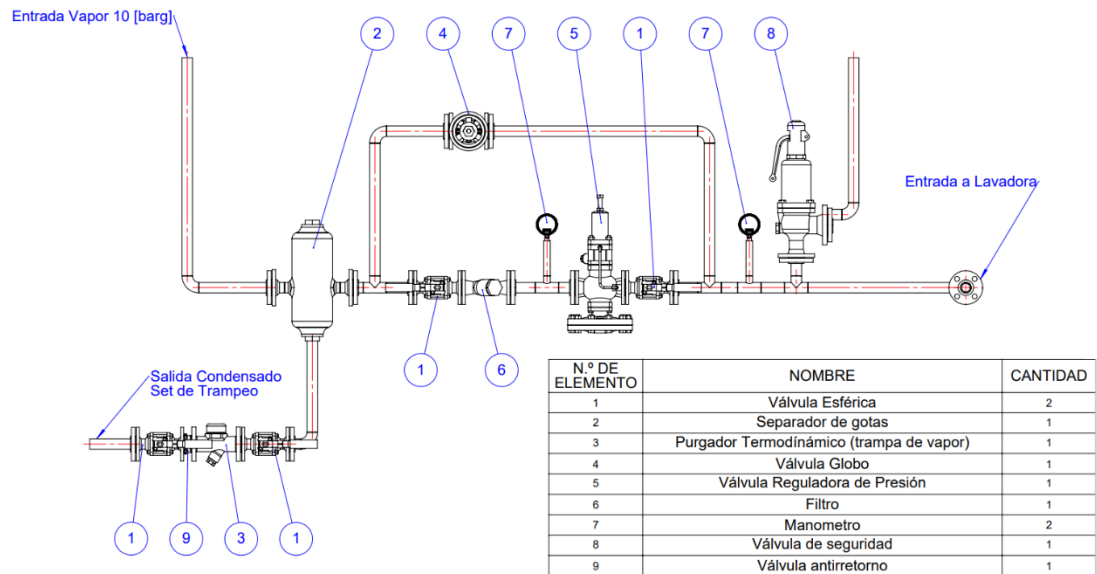


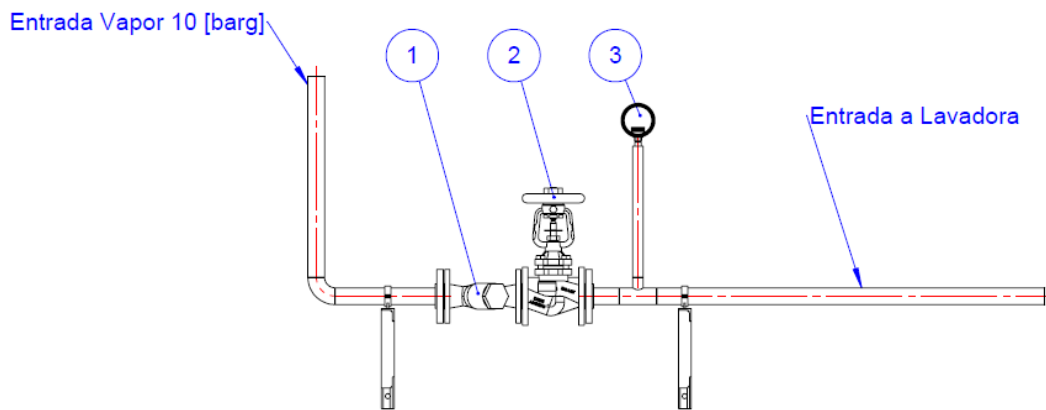
Imagen 95 Cuadro de regulación de vapor según manual Spirax Sarco

Esta instalación resulta sumamente costosa y es utilizada en consumos y procesos sumamente críticos, donde se requiere una calidad de vapor muy alta, con una temperatura y presión precisas. No es este caso para la lavadora de contenedores, ya que el vapor se utiliza mezclándose con agua. El cuadro de regulación de vapor para la lavadora requiere si o si de los siguientes elementos:

- a. Filtro de vapor: filtra las partículas desprendidas de la cañería en todo el trayecto hasta que llegue al consumo.
- b. Válvula globo: necesaria para regular el caudal y la presión de entrada a la máquina, en este caso la lavadora. Al no requerir una calidad de vapor alta, esta debe ser de regulación manual a cargo del operario para mantener la temperatura de funcionamiento del proceso de limpieza.

- c. Manómetro: necesario para medir la presión de vapor que se introduce a la lavadora de contenedores. También permite estimar la cantidad de vapor que se introduce.

Queda de la siguiente manera:



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE	DIAMETRO NOMINAL	CONEXION	CANTIDAD
1	Filtro	DN25 (1")	Bridada	1
2	Válvula Globo	DN25 (1")	Bridada	1
3	Manometro	DN15 (1/2")	Roscada	1

Imagen 96 Cuadro de regulación de vapor adoptado

2.12 Instalación Eléctrica

2.12.1 Distribución de la Instalación Eléctrica

Tomando en cuenta la ubicación de las diferentes máquinas y áreas dentro la planta, se plantea la siguiente distribución del tablero principal de la planta, los distintos tableros seccionales y el trayecto para el tendido de los conductores.

Se muestra la ubicación del grupo generador de emergencia (detrás del tablero principal y por fuera de la nave industrial) y se determina la potencia que debe proveer el mismo. Sin embargo, su instalación y conexión al tablero, así como sus elementos de protección y puesta a tierra serán brindados por la empresa que provee el mismo grupo. Es por este motivo que queda por fuera de los cálculos como sección de conductor, corriente de cortocircuito o selección de protección, entre otros.

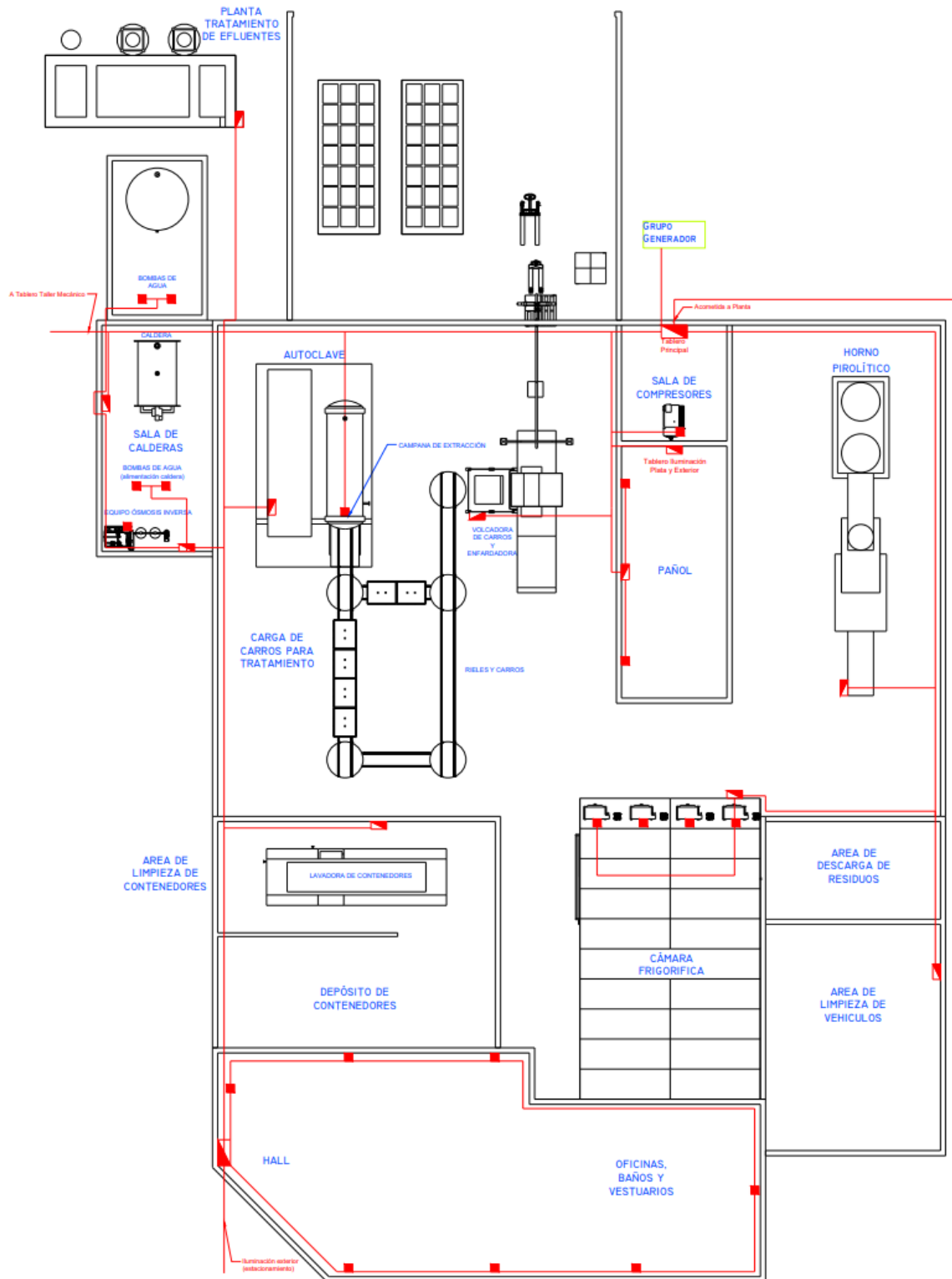


Imagen 97 Distribución de tableros y cargas - Instalación Eléctrica

Se indican los tableros y las cargas con las siguientes figuras:



Imagen 98 Esquema Tablero y Carga - Instalación Eléctrico

2.12.2 Consumos y Potencias de las Cargas

A continuación, se muestra el diagrama unifilar de la instalación, a modo de resumen, para entender la distribución de los tableros y sus respectivas cargas. Se indica, además, la corriente que requiere cada carga, así como la longitud de cada conductor, medida aproximada teniendo en cuenta los cambios de altura y recorrido que estos realizan entre cada tablero y del tablero a la carga.

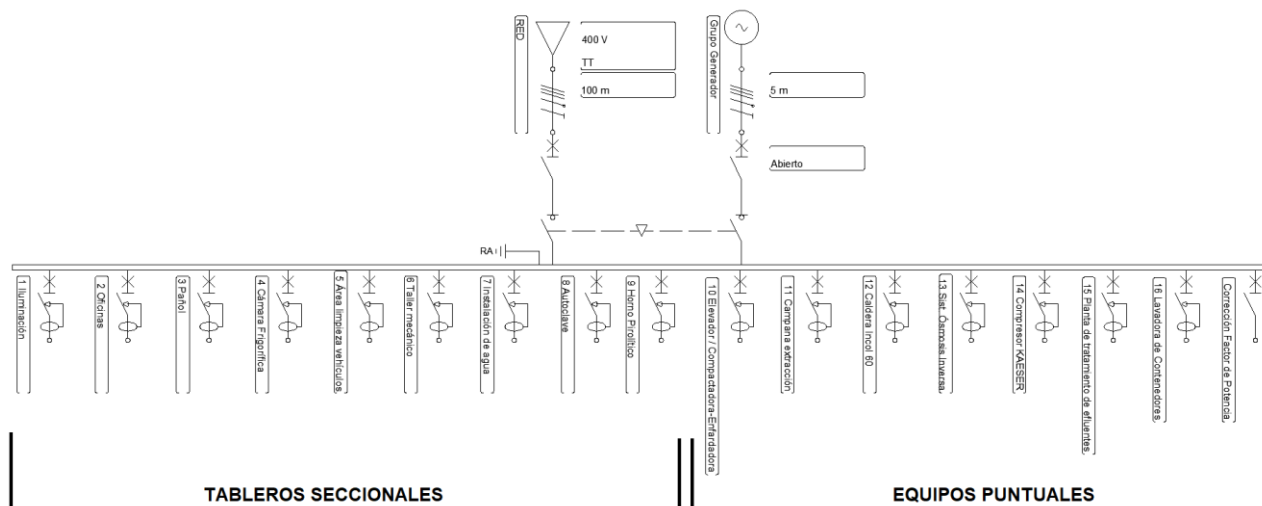


Imagen 99 Unifilar Tablero General

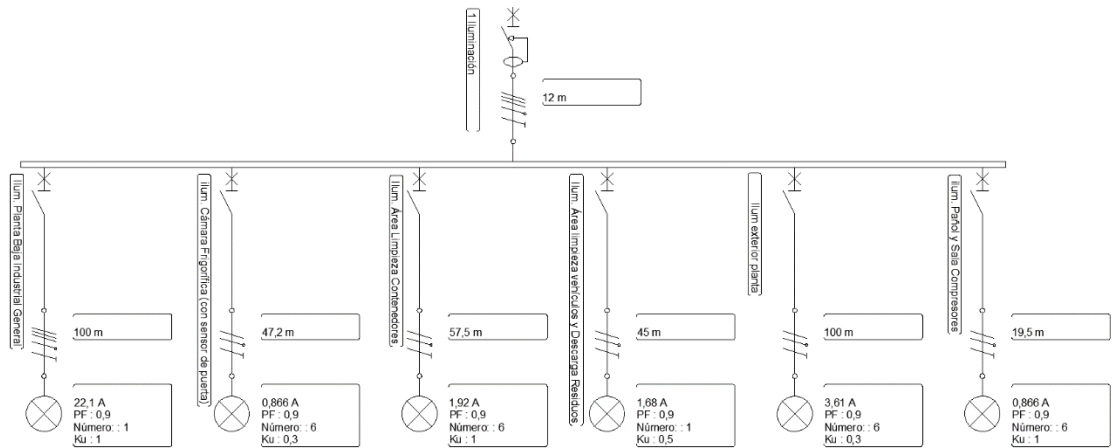


Imagen 100 Unifilar Tablero Seccional 1 Iluminación

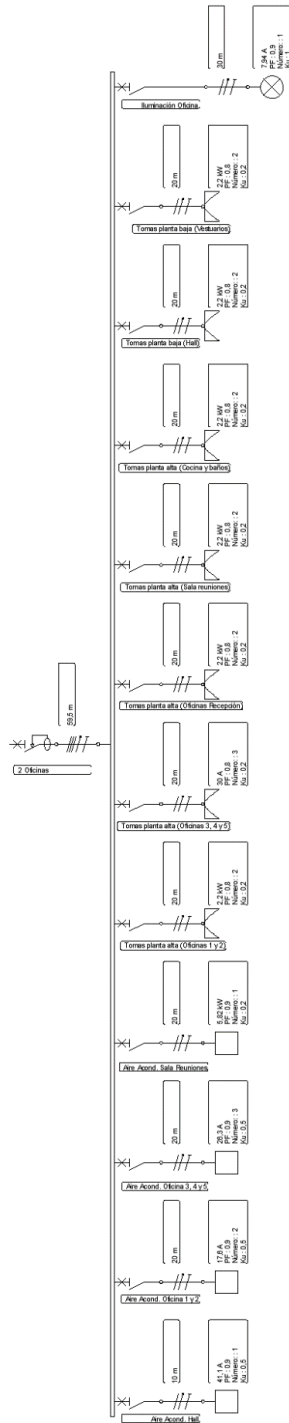


Imagen 101 Unifilar Tablero Seccional 2 Oficinas

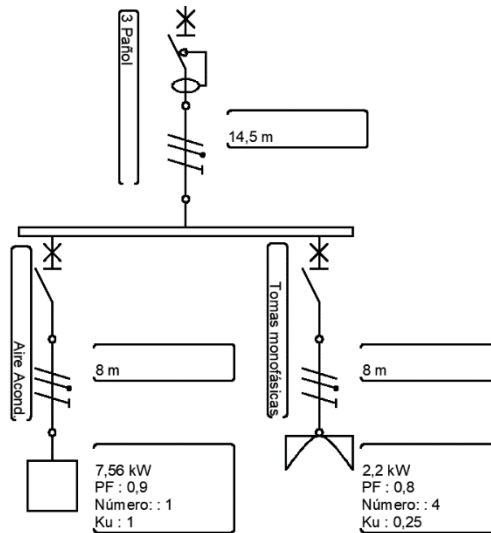


Imagen 102 Unifilar Tablero Seccional 3 Pañol

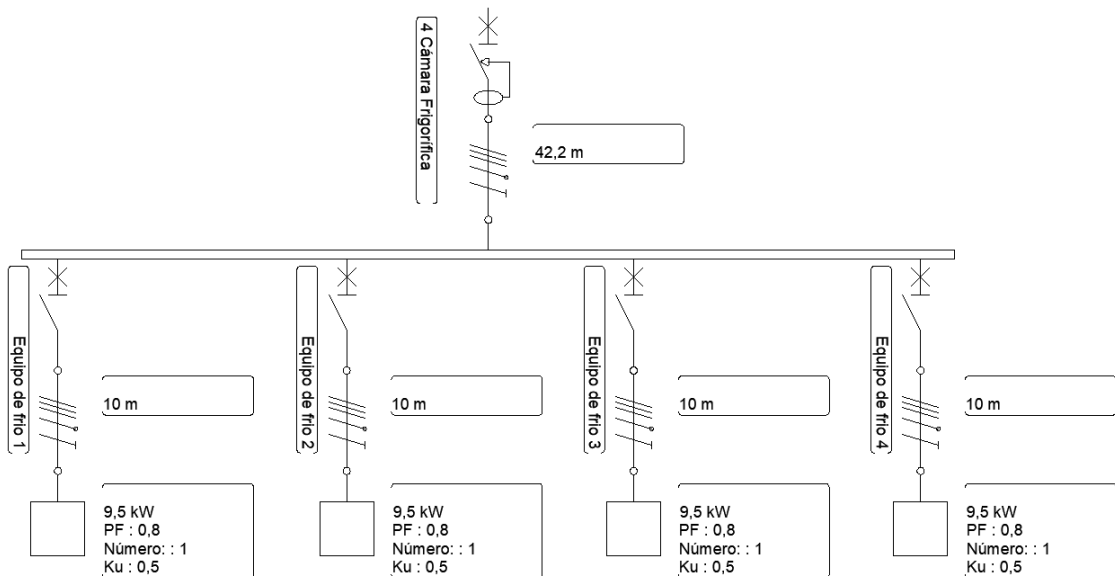


Imagen 103 Unifilar Tablero Seccional 4 Cámara Frigorífica

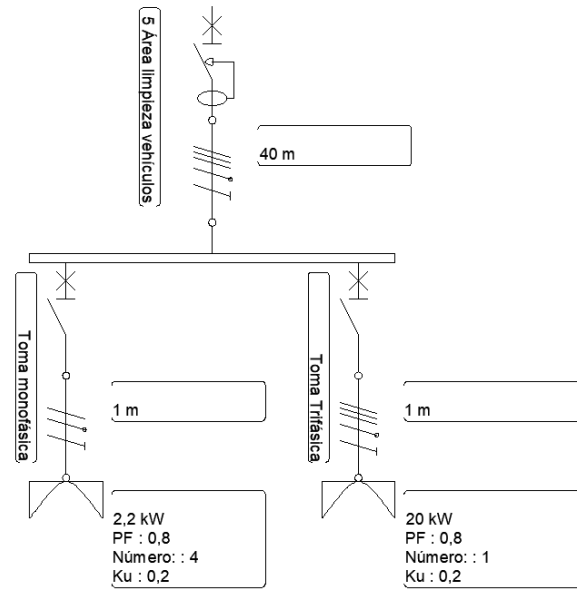


Imagen 104 Unifilar Tablero Seccional 5 Área de Limpieza de Vehículos

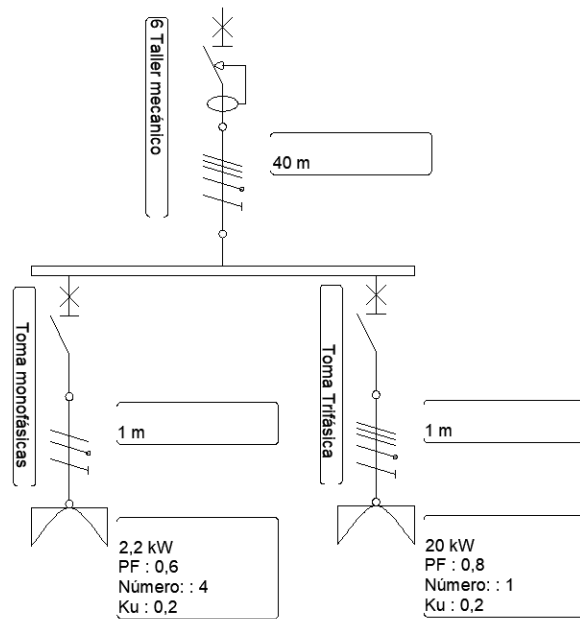


Imagen 105 Unifilar Tablero Seccional 6 Taller Mecánico

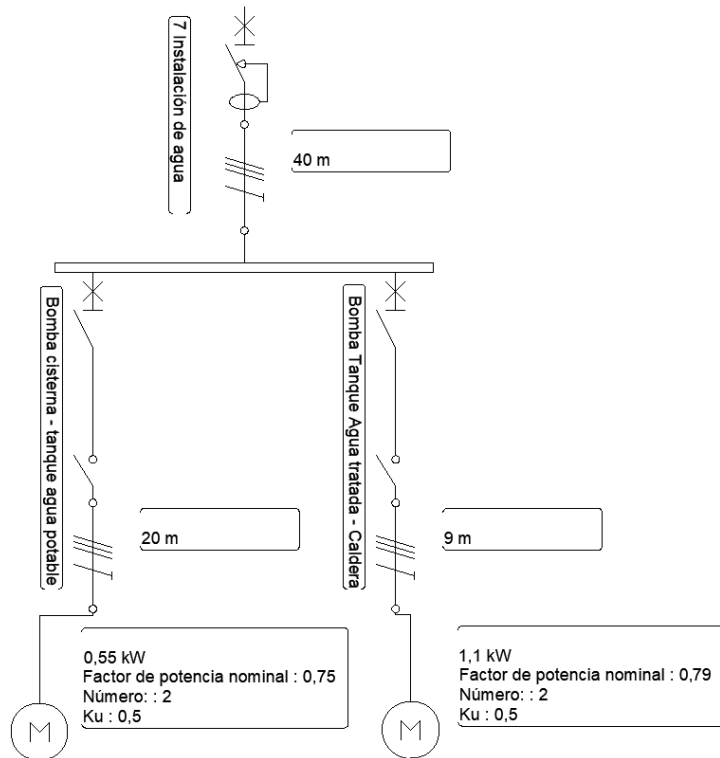


Imagen 106 Unifilar Tablero Seccional 7 Instalación de agua

Áreas de la planta	Número de tablero	Longitud Tabl. Principal a Tabl. Seccional [m]	Corriente Tablero Total [A]	Puntos de consumo	Longitud a cada carga	Corriente carga total
Iluminación	1	12	27,0	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	100	22,1
				ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	47,2	0,8
				Ilum. Área Limpieza Contenedores	57,5	1,9
				Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	45	1,6
				Ilum exterior planta	100	3,4
				ilum. Pañol y sala compresores	19,5	0,9
Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	2	59,5	71,1	Aire acondicionado 1 (HALL)	10	41,1
				Aire acondicionado 2 (Oficinas 1, 2)	20	17,6
				Aire acondicionado 3 (Oficinas 3, 4, 5)	20	26,4
				Aire acondicionado 4 (Sala de reuniones)	20	29,4
				Tomas monof. planta alta (Oficinas 1, 2)	20	20,0
				Tomas monof. planta alta (Oficinas 3, 4, 5)	20	30,0
				Tomas monof. planta alta (Oficina Recepción)	10	20,0
				Tomas monof. planta alta (Sala de reuniones)	30	20,0
				Tomas monof. planta alta (Cocina y baños)	20	20,0
				Tomas monof. planta baja (Hall)	5	20,0
				Tomas monof. planta baja (Vestuarios)	10	20,0
				Iluminación	30	9,3
				tomas monofasicas x 4	8	12,5
				Aire acondicionado	8	38,2
Camara Frigorifica	4	42,2	68,3	Equipo de frio 1	10	17,1
				Equipo de frio 2	10	17,1
				Equipo de frio 3	10	17,1
				Equipo de frio 4	10	17,1
Area de limpieza de Vehículos	5	40	25,2	tomas mono x 4	1	12,5
				toma trifasica 1	1	36,1
Taller mecánico	6	57,5	25,2	tomas mono x 4	1	12,5
				toma trifasica 1	1	36,1
Instalación de Agua	7	40	4,0	Bomba Cisterna-Tanque agua potable	20	1,3
				Bomba Tanque agua tratada-Caldera	9	4,0
Planta	(Principal)	36	14,4	Autoclave SA-U 480		
		32,5	25,3	Horno Pirofítico PY- 125		
		23,5	25,7	Elevadora de carros/Enfardadora		
		31	9,2	Campana Extracción		
		34,5	5,4	Caldera INCOL 60		
		40	13,5	Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)		
		12	18,7	Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC		
		35,5	11,9	Planta de tratamiento de efluentes		
		52,5	47,1	Lavadora de contenedores		
		2	90,1	Correccion factor de potencia [KVAR]		

Tabla 60 Consumo y longitudes de las cargas

El nombre de cada tablero, así como el de las distintas cargas, sus potencias y factores de simultaneidad se expresan en la siguiente tabla realizada en Excel, a modo de resumen para una mejor apreciación.

Áreas de la planta	Numero de tablero	Puntos de consumo	Potencia nominal [kw]	Corriente [A]	Unidades	Factor de simultaneidad	Factor de Potencia Cosφ	Potencia Requerida [kW]	Corriente de consumo [A]	Corrientes de consumo por tablero [A]
Iluminación	1	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	4,38	22,11	1,00	1,00	0,90	4,38	22,11	27,01
		Ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	0,16	0,82	1,00	0,30	0,90	0,05	0,25	
		Ilum. Área Limpieza Contenedores	0,39	1,94	1,00	1,00	0,90	0,39	1,94	
		Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	0,32	1,62	1,00	0,50	0,90	0,16	0,81	
		Ilum exterior planta	0,68	3,42	1,00	0,30	0,90	0,20	1,03	
Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	2	Ilum. Pañol y sala compresores	0,17	0,87	1,00	1,00	0,90	0,17	0,87	71,12
		Aire acondicionado 1 (HALL)	8,14	41,12	1,00	0,50	0,90	4,07	20,56	
		Aire acondicionado 2 (Oficinas 1, 2)	1,74	17,62	2,00	0,50	0,90	1,74	8,81	
		Aire acondicionado 3 (Oficinas 3, 4, 5)	1,74	26,43	3,00	0,50	0,90	2,62	13,22	
		Aire acondicionado 4 (Sala de reuniones)	5,82	29,37	1,00	0,50	0,90	2,91	14,68	
		Tomas monof. planta alta (Oficinas 1, 2)	2,20	20,00	2,00	0,20	0,80	0,88	5,00	
		Tomas monof. planta alta (Oficinas 3, 4, 5)	2,20	30,00	3,00	0,20	0,80	1,32	7,50	
		Tomas monof. planta alta (Oficina Recepción)	2,20	20,00	2,00	0,20	0,80	0,88	5,00	
		Tomas monof. planta alta (Sala de reuniones)	2,20	20,00	2,00	0,20	0,80	0,88	5,00	
		Tomas monof. planta alta (Cocina y baños)	2,20	20,00	2,00	0,20	0,80	0,88	5,00	
		Tomas monof. planta baja (Hall)	2,20	20,00	2,00	0,20	0,80	0,88	5,00	
		Tomas monof. planta baja (Vestuarios)	2,20	20,00	2,00	0,20	0,80	0,88	5,00	
		Iluminación	1,84	9,28	1,00	1,00	0,90	1,84	9,28	
Pañol	3	tomas monofásicas x 4	2,20	12,50	1,00	0,25	0,80	0,55	3,13	33,67
		Aire acondicionado	7,56	38,18	1,00	0,80	0,90	6,05	30,54	
Camara Frigorífica	4	Equipo de frio 1	9,47	17,09	1,00	1,00	0,80	9,47	17,09	68,34
		Equipo de frio 2	9,47	17,09	1,00	1,00	0,80	9,47	17,09	
		Equipo de frio 3	9,47	17,09	1,00	1,00	0,80	9,47	17,09	
		Equipo de frio 4	9,47	17,09	1,00	1,00	0,80	9,47	17,09	
Área de limpieza de Vehículos	5	tomas mono x 4	2,20	12,50	1,00	0,20	0,80	0,44	2,50	25,23
		toma trifásica 1	20,00	36,08	1,00	0,20	0,80	4,00	22,73	
Taller mecánico	6	tomas mono x 4	2,20	12,50	1,00	0,20	0,80	0,44	2,50	25,23
		toma trifásica 1	20,00	36,08	1,00	0,20	0,80	4,00	22,73	
Instalación de Agua	7	Bomba Cisterna-Tanque agua potable	0,37	1,35	2,00	0,20	0,80	0,15	0,47	3,96
		Bomba Tanque agua tratada-Caldera	1,12	4,04	2,00	0,50	0,80	1,12	3,50	
Planta (Principal)		Autoclave SA-U 480	8,00	14,43	1,00	0,80	0,80	6,40	11,55	14,43
		Horno Pirolítico PY-125	14,00	25,26	1,00	0,80	0,80	11,20	20,21	25,26
		Elevadora de carros/Enfardadora	15,14	25,71	1,00	0,50	0,85	7,57	12,85	25,71
		Campana Extracción	5,50	9,23	1,00	0,50	0,86	2,75	4,62	9,23
		Caldera INCOL 60	3,00	5,41	1,00	0,80	0,80	2,40	4,33	5,41
		Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	1,68	13,53	1,00	0,60	0,80	1,01	5,72	13,53
		Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	11,00	18,68	1,00	0,80	0,85	8,80	14,94	18,68
		Planta de tratamiento de efluentes	6,58	11,88	1,00	0,20	0,80	1,32	2,38	11,88
		Lavadora de contenedores	26,10	47,09	1,00	0,30	0,80	7,83	14,13	47,09
				Correccion factor de potencia [kVar]	61,48					

Tabla 61 Consumos y corrientes de cargas

Se tomaron todos los consumos y potencias de los catálogos de cada equipo, así como de datos directos de fabricantes. En el caso de la iluminación, se dimensiona la misma con el software DIALux Evo, seleccionando luminarias comercialmente disponibles, como se verá más adelante. Para la corrección de factor de potencia, los cálculos se verán en el capítulo siguiente.

La potencia total necesaria para esta instalación eléctrica se expresa a continuación:

Corriente total afectada por simultaneidad [A]	Potencia Total Instalada [kW]	Potencia Total requerida [kW]	Potencia Aparente requerida [kVA]	Potencia Reactiva requerida [kVAr]	Cosφ
225,16	225,31	129,02	156,42	87,68	0,827

Tabla 62 Potencia Total

Observando esta tabla, concluimos que la potencia necesaria a contratar por la planta industrial al proveedor de energía (en este caso, ENERSA, por la localización de la misma), es de 130[kW].

2.12.3 Dimensionamiento de grupo generador de emergencia

Para determinar la potencia del grupo generador, se deben considerar los equipos y sectores vitales que no pueden quedar sin suministro eléctrico. Dentro de estos están:

- Todos los equipos dedicados al tratamiento propio de los residuos.
- Los diferentes tableros seccionales de las áreas dedicadas a procesos auxiliares a los tratamientos, como pueden “Área de Limpieza”, “Iluminación”, “Pañol”, entre otros.
- Aquellos tableros de servicios necesarios para los equipos, como “Instalación de agua”.

No serán alimentados entonces, frente a un corte de suministro eléctrico, los tableros de “Oficinas” y “Taller Mecánico”.

La potencia necesaria de este grupo generador se toma de la suma de todos los consumos de las cargas y tableros seccionales, afectadas por su coeficiente de simultaneidad:

Áreas de la planta	Número de tablero	Puntos de consumo	Potencia nominal [kw]	Unidades	Factor de simultaneidad	Factor de Potencia Cosφ	Potencia Requerida [kW]	Potencia Aparente [kVA]
Iluminación	1	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	4,38	1,00	1,00	0,90	4,38	4,86
		Ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	0,16	1,00	0,30	0,90	0,05	0,05
		Ilum. Área Limpieza Contenedores	0,39	1,00	1,00	0,90	0,39	0,43
		Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	0,32	1,00	0,50	0,90	0,16	0,18
		Ilum exterior planta	0,68	1,00	0,30	0,90	0,20	0,23
		Ilum. Pañol y sala compresores	0,17	1,00	1,00	0,90	0,17	0,19
		tomas monofasicas x 4	2,20	1,00	0,25	0,80	0,55	0,69
Pañol	3	Aire acondicionado	7,56	1,00	0,80	0,90	6,05	6,72
		Equipo de frío 1	9,47	1,00	0,50	0,80	4,74	5,92
Camara Frigorifica	4	Equipo de frío 2	9,47	1,00	0,50	0,80	4,74	5,92
		Equipo de frío 3	9,47	1,00	0,50	0,80	4,74	5,92
		Equipo de frío 4	9,47	1,00	0,50	0,80	4,74	5,92
		tomas mono x 4	2,20	1,00	0,20	0,80	0,44	0,55
Area de limpieza de Vehículos	5	toma trifasica 1	20,00	1,00	0,20	0,80	4,00	5,00
		tomas mono x 4	2,20	1,00	0,20	0,80	0,44	0,55
Taller mecánico	6	toma trifasica 1	20,00	1,00	0,20	0,80	4,00	5,00
		Autoclave SA-U 480	8,00	1,00	0,80	0,80	6,40	8,00
		Horno Piro lítico PY- 125	14,00	1,00	0,80	0,80	11,20	14,00
		Elevadora de carros/Enfardadora	15,14	1,00	0,50	0,85	7,57	8,90
		Campana Extracción	5,50	1,00	0,50	0,86	2,75	3,20
		Caldera INCOL 60	3,00	1,00	0,80	0,80	2,40	3,00
		Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	1,68	1,00	0,60	0,80	1,01	1,26
		Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	11,00	1,00	0,80	0,85	8,80	10,35
		Planta de tratamiento de efluentes	6,58	1,00	0,20	0,80	1,32	1,65
		Lavadora de contenedores	26,10	1,00	0,30	0,80	7,83	9,79

Tabla 63 Cargas alimentadas por Grupo Electrónico

La suma de potencias aparentes de todos los consumos da un total de:

Grupo electrógeno [KVA]	120,57
--------------------------------	---------------

Tabla 64 Potencia Grupo Electrónico

Se selecciona un grupo generador de aproximadamente 120[KVA], a instalar por una empresa tercerizada.

2.12.4 Cálculo de Corrección del Factor de Potencia

Se realiza en la instalación una corrección del factor de potencia general, en el tablero principal de la planta. Esto se hace debido a que no se presentan grandes consumos eléctricos puntuales, haciendo que interese sobre todo realizar la corrección por el costo de la energía eléctrica consumida.

Para dimensionar un banco de capacitores, primero se debe calcular la potencia activa, aparente y reactiva presentes en la instalación, para luego obtener el factor de potencia existente a mejorar. Se consultó a cada fabricante de los principales equipos dimensionados sobre el factor de potencia que le corresponde a cada uno, así como se investigó en catálogos de marcas de luminarias y de motores eléctricos para el caso de las bombas.

Se ha utilizado, además, el catálogo/guía de la marca Schneider y WEG para los cálculos y dimensionamiento.

A continuación, se muestra una tabla en Excel a modo de resumen:

Numero de tablero	Puntos de consumo	Potencia nominal [kw]	Factor de simultaneidad	Factor de Potencia Cosφ	Potencia Requerida [kW]	Potencia Aparente [kVA]	Potencia Reactiva [kVA]
1	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	4,38	1,00	0,90	4,38	4,86	2,12
	ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	0,16	0,30	0,90	0,05	0,05	0,02
	Ilum. Área Limpieza Contenedores	0,39	1,00	0,90	0,39	0,43	0,19
	Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	0,32	0,50	0,90	0,16	0,18	0,08
	Ilum exterior planta	0,68	0,30	0,90	0,20	0,23	0,10
	ilum. Pañol y sala compresores	0,17	1,00	0,90	0,17	0,19	0,08
2	Aire acondicionado 1 (HALL)	8,14	0,50	0,90	4,07	4,52	1,97
	Aire acondicionado 2 (Oficinas 1, 2)	1,74	0,50	0,90	1,74	1,94	0,84
	Aire acondicionado 3 (Oficinas 3, 4, 5)	1,74	0,50	0,90	2,62	2,91	1,27
	Aire acondicionado 4 (Sala de reuniones)	5,82	0,50	0,90	2,91	3,23	1,41
	Tomas monof. planta alta (Oficinas 1, 2)	2,20	0,20	0,80	0,88	1,10	0,66
	Tomas monof. planta alta (Oficinas 3, 4, 5)	2,20	0,20	0,80	1,32	1,65	0,99
	Tomas monof. planta alta (Oficina Recepción)	2,20	0,20	0,80	0,88	1,10	0,66
	Tomas monof. planta alta (Sala de reuniones)	2,20	0,20	0,80	0,88	1,10	0,66
	Tomas monof. planta alta (Cocina y baños)	2,20	0,20	0,80	0,88	1,10	0,66
	Tomas monof. planta baja (Hall)	2,20	0,20	0,80	0,88	1,10	0,66
	Tomas monof. planta baja (Vestuarios)	2,20	0,20	0,80	0,88	1,10	0,66
	Iluminación	1,84	1,00	0,90	1,84	2,04	0,89
	tomas monofásicas x 4	2,20	0,25	0,80	0,55	0,69	0,41
	Aire acondicionado	7,56	0,80	0,90	6,05	6,72	2,93
4	Equipo de frio 1	9,47	1,00	0,80	9,47	11,84	7,10
	Equipo de frio 2	9,47	1,00	0,80	9,47	11,84	7,10
	Equipo de frio 3	9,47	1,00	0,80	9,47	11,84	7,10
	Equipo de frio 4	9,47	1,00	0,80	9,47	11,84	7,10
5	tomas mono x 4	2,20	0,20	0,80	0,44	0,55	0,33
	toma trifásica 1	20,00	0,20	0,80	4,00	5,00	3,00
6	tomas mono x 4	2,20	0,20	0,80	0,44	0,55	0,33
	toma trifásica 1	20,00	0,20	0,80	4,00	5,00	3,00
7	Bomba Cisterna-Tanque agua potable	0,37	0,20	0,80	0,15	0,19	0,11
	Bomba Tanque agua tratada-Caldera	1,12	0,50	0,80	1,12	1,40	0,84
(Principal)	Autoclave SA-U 480	8,00	0,80	0,80	6,40	8,00	4,80
	Horno Piroлитico PY- 125	14,00	0,80	0,80	11,20	14,00	8,40
	Elevadora de carros/Enfardadora	15,14	0,50	0,85	7,57	8,90	4,69
	Campana Extracción	5,50	0,50	0,86	2,75	3,20	1,63
	Caldera INCOL 60	3,00	0,80	0,80	2,40	3,00	1,80
	Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	1,68	0,60	0,80	1,01	1,26	0,76
	Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	11,00	0,80	0,85	8,80	10,35	5,45
	Planta de tratamiento de efluentes	6,58	0,20	0,80	1,32	1,65	0,99
	Lavadora de contenedores	26,10	0,30	0,80	7,83	9,79	5,87

Tabla 65 Potencia Real y Aparente de las cargas

Potencia Total Instalada [kW]	Potencia Total requerida [kW]	Potencia Aparente requerida [kVA]	Potencia Reactiva requerida [kVAr]
225,31	129,02	156,42	87,68

Tabla 66 Potencia Aparente Total

En base a las sumatorias de potencias aparente y activa, se obtiene el factor de potencia de la instalación, el cual es el que se debe mejorar mediante el banco de capacitores.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\cos \varphi = \frac{129,02[KW]}{156,42[kVA]} = 0,827$$

$$\varphi = 34,2^\circ$$

Factor de potencia objetivo:

$$\cos \varphi = 0,98$$

$$\varphi = 11,5^\circ$$

Tomando del manual de ABB la expresión de cálculo en base al fenómeno de compensación con capacitores, se tiene:

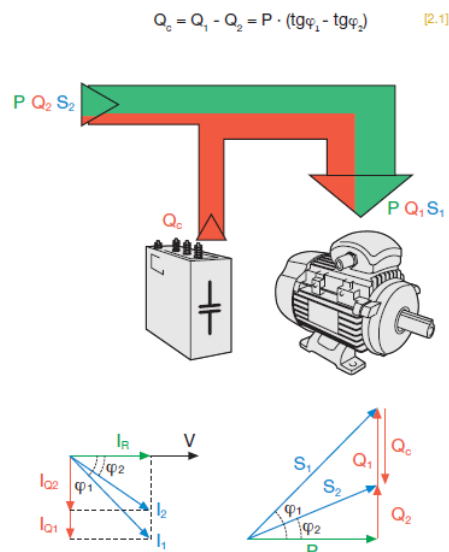


Imagen 107 Potencia Banco de Capacitores - Manual ABB

$$Q_c = 118,34[KW] \times (\tan(34,2^\circ) - \tan(11,5^\circ))$$

$$Q_c = 61,48[kVAr]$$

Para la selección del banco de capacitores necesario, se recurre al catálogo del fabricante Schneider, que ofrece todos los elementos correspondientes a esta parte de la instalación. Se requiere en este caso un equipo de compensación automático, capaz de adecuarse a las variaciones de potencia de reactiva de la instalación para conseguir mantener el $\cos \phi$ objetivo de la instalación. Este está compuesto por 3 elementos principales:

- El regulador: Cuya función es medir el $\cos \phi$ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \phi$ objetivo, conectando los distintos escalones de potencia reactiva.
- Los contactores: Son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran la batería. El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador, la marca ofrece de 6 y 12 escalones. Para la instalación basta con uno de 6
- Los condensadores: Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación. Normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.

Además de estos elementos, requiere naturalmente una protección general del equipo, el cual será dimensionado posteriormente.



Imagen 108 Capacitor Schneider EasyLogic PFC

Rated Voltage 380/400/415 V										
50 Hz				60 Hz				μF (X3)	Case Code	Reference Number
Q _n (kvar)			I _n (A) at 400 V	Q _n (kvar)			I _n (A) at 400 V			
380 V	400 V	415 V		380 V	400 V	415 V				
0.9	1.0	1.1	1.4	1.1	1.2	1.3	1.7	6.6	EC	BLRCS010A012B40
1.5	1.7	1.8	2.5	1.8	2.0	2.2	2.9	11.3	DC	BLRCS017A020B40
1.8	2.0	2.2	2.9	2.2	2.4	2.6	3.5	13.3	DC	BLRCS020A024B40
2.3	2.5	2.7	3.6	2.7	3.0	3.2	4.3	16.6	DC	BLRCS025A030B40
2.7	3.0	3.2	4.3	3.2	3.6	3.9	5.2	19.9	DC	BLRCS030A036B40
3.8	4.2	4.5	6.1	4.5	5.0	5.4	7.3	27.8	HC	BLRCS042A050B40
4.5	5.0	5.4	7.2	5.4	6.0	6.5	8.7	33.1	HC	BLRCS050A060B40
5.7	6.3	6.8	9.1	6.8	7.5	8.1	10.9	41.8	HC	BLRCS063A075B40
6.8	7.5	8.1	10.8	8.1	9.0	9.7	13.0	49.7	HC	BLRCS075A090B40
7.5	8.3	8.9	12.0	9.0	10.0	10.7	14.4	55.0	LC	BLRCS083A100B40
9.4	10.4	11.2	15.0	11.3	12.5	13.4	18.0	68.9	MC	BLRCS104A125B40
11.3	12.5	13.5	18.0	13.5	15.0	16.1	21.7	82.9	NC	BLRCS125A150B40
13.5	15.0	16.1	21.7	16.2	18.0	19.4	26.0	99.4	NC	BLRCS150A180B40
15.1	16.7	18.0	24.1	18.1	20.0	21.6	28.9	110.7	SC	BLRCS167A200B40
18.1	20.0	21.5	28.9	21.7	24.0	25.8	34.6	132.6	SC	BLRCS200A240B40
18.8	20.8	22.4	30.0	22.5	25.0	26.9	36.0	137.9	SC	BLRCS208A250B40
20.0	22.2	23.9	32.0	24.0	26.6	28.7	38.4	147.0	SC	BLRCS222A266B40
22.6	25.0	26.9	36.1	27.1	30.0	32.3	43.3	165.7	SC	BLRCS250A300B40
25.0	27.7	29.8	40.0	30.0	33.2	35.8	48.0	184.0	VC	BLRCS277A332B40

Tabla 67 Especificaciones técnicas capacitor



Imagen 109 Controlador de Factor de Potencia Schneider VarPlus Logic VPL 6

Se seleccionan 6 capacitores marca Schneider, de 10,4[kVAr]. A estos se les suma el controlador modelo VarPlus Logic capaz de controlar 6 relés, y 3 contactores de la misma marca comandados por el controlador, de forma que entren en funcionamiento en 2.2.2 (cara relé acciona dos capacitores simultáneamente).

Como se observa, el banco seleccionado es de un poco mayor potencia reactiva que el resultado calculado a compensar. Sin embargo, se acerca mucho al resultado esperado. Es una exigencia por normativa que en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva.

Con este banco de capacitores, el nuevo factor de potencia será:

$$Q_c = 87,68[kVAr] - 62,4[kVAr] = 25,38[kVAr]$$

$$\text{Nuevo Factor de Potencia} = \cos \left[\text{ArcTan} \left(\frac{25,38[kVAr]}{129,02[kW]} \right) \right]$$

$$\text{Nuevo Factor de Potencia} = 0,981$$

2.12.5 Cálculo de Sección de Conductores

Para determinar la sección de cada conductor, primero se calcula la sección necesaria por caída de tensión, lo que va a indicar la sección mínima de cada conductor para que en cada carga haya los 380 V (o 220V en caso de que sea monofásica).

En el paso siguiente se dimensiona cada conductor por calentamiento, utilizando el catálogo de la marca de conductores PRYSMIAN. Se indican la sección seleccionada, el tipo de conductor y su forma de instalación.

Se muestran la selección de la Acometida de la Planta y Tablero Principal. Luego, las distintas secciones entre el Tablero Principal y cada Tablero Seccional y equipos particulares. Finalmente, las secciones de los conductores entre cada Tablero Seccional y sus respectivas cargas.

2.12.5.1 Cálculo por caída de tensión

Por más que las distancias sean reducidas, se realiza de todos modos la verificación por Caída de Tensión. El método de cálculo utilizado para determinar la sección de los

conductores es el Método Ramificado, en donde se aplicó dicho método por cada Tablero Seccional y sus respectivas Cargas (representadas por los coeficientes A, B, C, D, y E).

Se muestran los cálculos correspondientes a la caída de tensión entre la toma de energía de la red (transformador de ENERSA) y la acometida (en el tablero principal) de la planta, y luego, a modo de ejemplo de aplicación del método, sólo se muestra el cálculo de caída de tensión y sección resultante de los conductores entre el tablero principal y las cargas conectadas al tablero seccional 4.

Finalmente, todos los demás cálculos de caída de tensión y secciones resultantes se muestran en una tabla resumen.

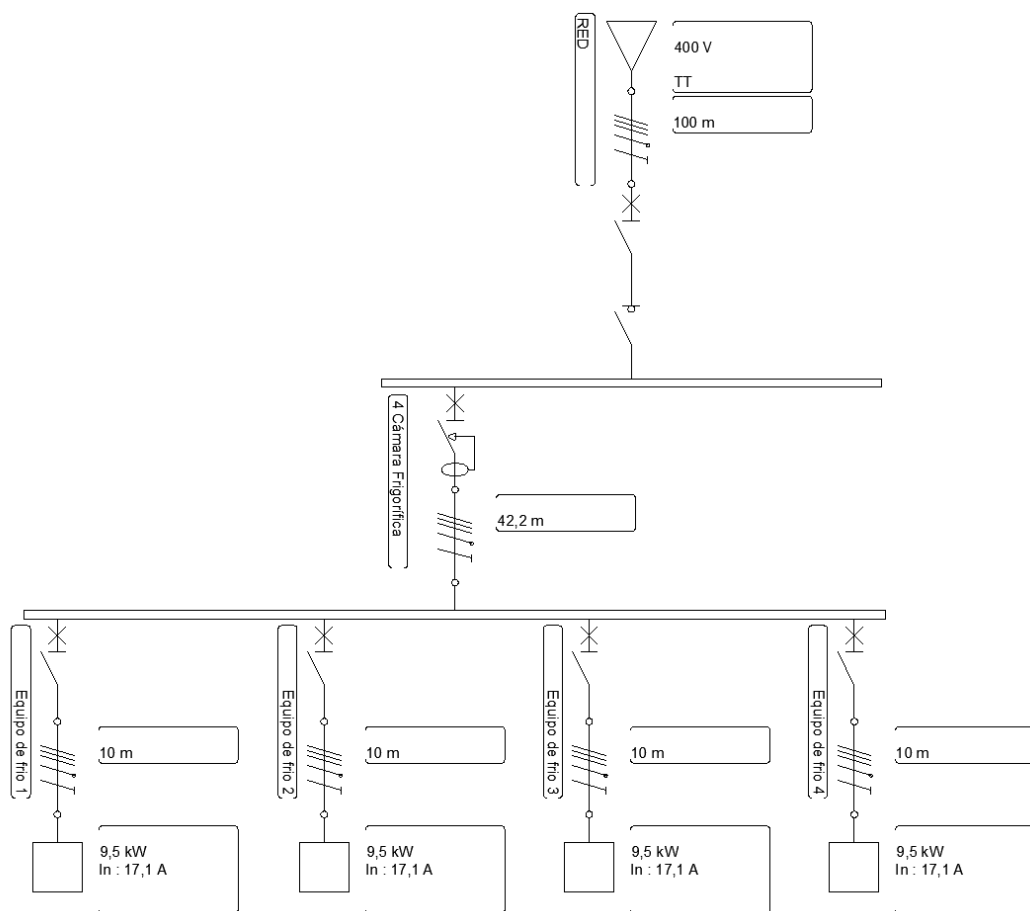


Imagen 110 Unifilar Tablero Principal y Seccional 4

Se comienza por calcular la caída de tensión entre la Red y la Acometida a planta en el Tablero Principal. Para ello, se toma como dato de partida una sección seleccionada por calentamiento de sección de 240 [mm²].

Tablero Principal
Corriente
225,16
Longitud
100,00
Sección [mm²]
240
4 Conductores unipolares Sintenax Valio marca PRYSMIAN, Directamente enterrados Imáx=475A

Tabla 68 Sección Acometida a planta

Se utiliza para los cálculos una tensión de 400[V] y una caída de tensión admisible $\delta = 5\%$.

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times \sum(i \times L)}{S}$$

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \times \frac{1}{57} \times (335,23 \times 100)}{240} = 4,2[V]$$

Entonces, δ_p resulta:

$$\delta_p = \delta_{5\%} - \delta = 20[V] - 4,2[V] = 15,8[V]$$

Se toma el dato de las longitudes de los conductores y las cargas de cada uno (como se muestra en la imagen anterior), así como la distancia entre el tablero principal y el seccional.

Primeramente, se calculan los coeficientes A, B, C, D y E correspondientes con la cantidad de ramificaciones o cargas. Para el caso del coeficiente A, que se calcula con la corriente y longitud de conductor entre el tablero seccional y el tablero principal, se toma afectada por el factor de simultaneidad.

$$A = \sum(i_{cargas}) \times L_{TP-TS4} = 68,34[A] \times 42,2[m] = 2884,11[A \cdot m]$$

$$B = i_{carga1} \times L_{TS4-carga1} = 17,086[A] \times 10[m] = 170,86[A \cdot m]$$

$$C = i_{carga2} \times L_{TS4-carga2} = 17,086[A] \times 10[m] = 170,86[A \cdot m]$$

$$D = i_{carga3} \times L_{TS4-carga3} = 17,086[A] \times 10[m] = 170,86[A \cdot m]$$

$$E = i_{carga4} \times L_{TS4-carga4} = 17,086[A] \times 10[m] = 170,86[A \cdot m]$$

Se calcula la caída de tensión δ_1 en el tramo TP-TS4:

$$\delta_1 = \frac{\delta_p}{1 + \sqrt{\frac{B \times L_{TS4-carga1} + C \times L_{TS4-carga2} + D \times L_{TS4-carga3} + E \times L_{TS4-carga4}}{A \times L_{TP-TS4}}}}$$

$$\delta_1 = \frac{15,8}{1 + \sqrt{\frac{170,86 \times 10 + 170,86 \times 10 + 170,86 \times 10 + 170,86 \times 10}{2884,11 \times 42,2}}}$$

$$= 13,86[V]$$

Con este valor, se sigue con calcular la sección entre el tablero principal y el tablero seccional 4.

$$S_{TP-TS4} = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times \sum(i \times L)}{\delta_1}$$

$$S_{TP-TS4} = \frac{\sqrt{3} \times \frac{1}{57} \times 2884,11}{13,86} = 6,32[\text{mm}^2]$$

Se procede a calcular las secciones de los conductores a las cargas:

$$S_{TS4-carga} = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times i_{carga} \times L_{carga}}{\delta_p - \delta_1}$$

$$S_{TS4-carga1} = \frac{\sqrt{3} \times \frac{1}{57} \times 17,086 \times 10}{15,8 - 13,86} = 1,58[\text{mm}^2]$$

$$S_{TS4-carga2} = \frac{\sqrt{3} \times \frac{1}{57} \times 17,086 \times 10}{15,8 - 13,86} = 1,58[\text{mm}^2]$$

$$S_{TS4-carga3} = \frac{\sqrt{3} \times \frac{1}{57} \times 17,086 \times 10}{15,8 - 13,86} = 1,58[\text{mm}^2]$$

$$S_{TS4-carga4} = \frac{\sqrt{3} \times \frac{1}{57} \times 17,086 \times 10}{15,8 - 13,86} = 1,58[\text{mm}^2]$$

Se puede observar que resultan secciones bastante reducidas, esto es debido a la “escasa” longitud de los conductores en la instalación.

Para la verificación del resto de las cargas se procede a mostrar una tabla en Excel a modo de resumen, siendo los cálculos los mismos previamente mostrados.

N°	Tablero Seccional	Nombre	A	B	C	D	E	F	G
1	(Principal)	Autoclave SA-U 480	519,62						
2		Horno Piroclítico PY- 125	820,92						
3		Elevadora de carros/Enfardadora	604,07						
4		Campana Extracción	286,16						
5		Caldera INCOL 60	186,74						
6		Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	541,32						
7		Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	224,15						
8		Planta de tratamiento de efluentes	421,63						
9		Lavadora de contenedores	2472,18						
11	3	Pañol	488,19	100,00	305,43				
12	2	Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	4231,41	411,16	528,64	587,37	600,00	278,55	
13	4	Camara Frigorifica	2884,11	170,86	170,86	170,86	170,86		
14	5	Area de limpieza de Vehículos	1009,09	12,50	36,08				
15	7	Instalación de Agua	158,46	26,91	36,33				
16	6	Taller mecánico	1450,57	12,50	36,08				
17	1	Iluminación	324,13	2211,31	38,62	111,81	72,95	342,42	16,96
18	-	Correccion factor de potencia [KVAr]	312,00						

Carga/Tablero Seccional		Nombre	Carga de tensión en el T.	Secc. Al Tablero Seccional X	Secciones del Tablero Seccional X a las cargas						
γ*	Tablero Seccional		δ ₁ [V]	S _{tp-tsX} [mm ²]	S _{TSX-B} [mm ²]	S _{TSX-C} [mm ²]	S _{TSX-D} [mm ²]	S _{TSX-E} [mm ²]	S _{TSX-F} [mm ²]	S _{TSX-G} [mm ²]	
1	(Principal)	Autoclave SA-U 480	17,15	0,92							
2		Horno Piroclítico PY- 125	17,15	1,45							
3		Elevadora de carros/Enfardadora	17,15	1,07							
4		Campana Extracción	17,15	0,51							
5		Caldera INCOL 60	17,15	0,33							
6		Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	17,15	0,96							
7		Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	17,15	0,40							
8		Planta de tratamiento de efluentes	17,15	0,75							
9		Lavadora de contenedores	17,15	4,38							
11	3	Pañol	10,23	1,45	0,44	1,34					
12	2	Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	11,98	10,73	2,42	3,11	3,46	3,53	1,64		
13	4	Camara Frigorifica	13,86	6,32	1,58	1,58	1,58	1,58			
14	5	Area de limpieza de Vehículos	16,57	1,85	0,66	1,91					
15	7	Instalación de Agua	12,52	0,38	0,18	0,24					
16	6	Taller mecánico	16,75	2,63	0,94	2,71					
17	1	Iluminación	1,85	5,33	4,39	0,08	0,22	0,14	0,68	0,03	
18	-	Correccion factor de potencia [KVAr]	17,15	0,55							

Tabla 69 Cálculo Caída de Tensión

Las cargas puntuales que no tienen tablero seccional se calculan sólo con el coeficiente “A”. Se presta atención a las cargas de los tableros seccionales “2 Oficinas” y “1 Iluminación” para su dimensionamiento por calentamiento, que se muestra en el capítulo siguiente.

2.12.5.2 Secciones adoptadas

2.12.5.2.1 Entrada de Acometida a la planta y Tablero Principal

<i>Tablero Principal</i>
<i>Corriente</i>
225,16
<i>Longitud</i>
100,00
<i>Sección [mm²]</i>
240
4 Conductores unipolares Sintenax Valio marca PRYSMIAN, Directamente enterrados Imáx=475A

Tabla 70 Sección Adoptada Acometida a planta

2.12.5.2.2 Entre el Tablero Principal y cada Tablero Seccional o Equipo puntual

Tablero Seccional	Nombre	Corriente [A]	Sección [mm ²]	Descripción
1	Iluminación	27,01	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A
2	Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	71,12	35	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=110A
3	Pañol	33,67	10	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=61A
4	Camara Frigorífica	68,34	16	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=70A
5	Area de limpieza de Vehículos	25,23	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A
6	Taller mecánico	25,23	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A
7	Instalación de Agua	3,96	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
8	Autoclave SA-U 480	14,43	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
9	Horno Pirolítco PY- 125	25,26	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
10	Elevadora de carros/Enfardadora	25,71	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A
11	Campana Extracción	9,23	2,5	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=22A
12	Caldera INCOL 60	5,41	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
13	Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	13,53	4	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
14	Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	18,68	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A
15	Planta de tratamiento de efluentes	11,88	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
16	Lavadora de contenedores	47,09	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A
17	Correccion factor de potencia [KVAR]	90,07	95	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, en pared (tablero) Imáx=156A

Tabla 71 Sección Adoptada entre Tablero Principal y Tableros Seccionales o Equipos Puntuales

2.12.5.2.3 Entre Tablero Seccional y cada carga

Tablero Seccional	Nombre	Carga	Corriente	Sección [mm²]	Descripción
1	Iluminación	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	22,11	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
		ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	0,82	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
		Ilum. Área Limpieza Contenedores	1,94	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
		Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	1,62	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
		Ilum exterior planta	3,42	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
		ilum. Pañol y sala compresores	0,87	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
2	Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	Aire acondicionado 1 (HALL)	41,12	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=44A
		Aire acondicionado 2 (Oficinas 1, 2)	17,62	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A
		Aire acondicionado 3 (Oficinas 3, 4, 5)	26,43	4	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=35A
		Aire acondicionado 4 (Sala de reuniones)	29,37	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=35A
		Tomas monof. planta alta (Oficinas 1, 2)	20,00	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Tomas monof. planta alta (Oficinas 3, 4, 5)	30,00	3x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Tomas monof. planta alta (Oficina Recepción)	20,00	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Tomas monof. planta alta (Sala de reuniones)	20,00	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Tomas monof. planta alta (Cocina y baños)	20,00	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Tomas monof. planta baja (Hall)	20,00	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Tomas monof. planta baja (Vestuarios)	20,00	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
Iluminación	9,28	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A		
3	Pañol	tomas monofasicas x 4	12,50	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		Aire acondicionado	38,18	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=44A
4	Camara Frigorifica	Equipo de frio 1	17,09	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
		Equipo de frio 2	17,09	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
		Equipo de frio 3	17,09	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
		Equipo de frio 4	17,09	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A
5	Area de limpieza de Vehiculos	tomas mono x 4	12,50	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		toma trifasica 1	36,08	10	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=40A
6	Taller mecánico	tomas mono x 4	12,50	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A
		toma trifasica 1	36,08	10	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=40A
7	Instalación de Agua	Bomba Cisterna-Tanque agua potable	1,35	2,5	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=22A
		Bomba Tanque agua tratada-Caldera	4,04	2,5	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=22A

Tabla 72 Sección Adoptada entre Tableros Seccionales y cada Carga

2.12.6 Cálculo de Corriente de Cortocircuito

Las diferentes corrientes de cortocircuito son útiles para saber si los conductores seleccionados para la instalación proyectada resistirán frente a un fallo eléctrico, ya sea trifásico, monofásico o una descarga a tierra, y luego para determinar los elementos de protección eléctrica adecuados para proteger la instalación y brindar seguridad y confiabilidad en la operación de esta a las personas.

Primeramente, para poder comenzar con el cálculo de las corrientes de cortocircuito, es necesario conocer las distintas impedancias del circuito formado por todos los elementos intervinientes. Estas impedancias son las que surgen de analizar el circuito unifilar completo, desde la red que suministra la energía, el transformador de MT/BT del cual se alimenta la planta, las impedancias de todos los conductores seleccionados, hasta los motores eléctricos utilizados en la planta.

Para comenzar, se obtienen ENERSA los datos de potencia de cortocircuito de la red en el sitio de emplazamiento y los datos del transformador de potencia que alimentaría la planta.

Con estos datos, se procede a completar los datos faltantes de la potencia de corto de la red y los del transformador mencionado en el diagrama unifilar presentado anteriormente y así poder comenzar con el cálculo de las respectivas impedancias y luego corrientes de cortocircuito.

2.12.6.1 Determinación de las Impedancias

2.12.6.1.1 Impedancia de la Red

$$Z_{Red} = \frac{c \times U^2}{S_k} = \frac{1,1 \times 0,4^2}{280 \times 10^3} = 628,6 \times 10^{-9} [\Omega]$$

$$R_{Red} = 0,1 X_{Red}$$

$$Z_{Red}^2 = R_{Red}^2 + X_{Red}^2$$

$$Z_{Red}^2 = (0,1 X_{Red})^2 + X_{Red}^2$$

$$Z_{Red} = 1,005 X_{Red}$$

$$X_{Red} = 6,254 \times 10^{-7} [\Omega]$$

$$R_{Red} = 6,25 \times 10^{-8} [\Omega]$$

2.12.6.1.2 Impedancia del transformador

Para determinar la impedancia del transformador de potencia que alimenta la planta industrial proyectada, fue necesario recurrir a las hojas técnicas de un fabricante de transformadores normalizados para obtener los datos de placa de este, debido a que no se cuenta con más datos que la potencia nominal de este.

Para ello, se recurre a las hojas técnicas del fabricante Tadeo Czerweny, de donde se extrae la siguiente tabla con los datos necesarios del transformador de 500[kVA].

IRAM 2250

Transformadores c/tanque de expansión - Relación 13,2 ± 2 x 2,5% / 0,4 kV								
Potencia (kVA)	Pérdidas (W)		Ucc (%)	Dimensiones (mm)				Masa (kg)
	Po	Pcc		Largo	Ancho	Alto	Trocha	
* 16	100	500	4	1250	750	1250	600	400
25	160	600	4	1250	750	1250	600	450
* 40	200	900	4	1300	750	1300	600	600
63	270	1350	4	1300	750	1300	600	600
* 80	315	1500	4	1450	750	1300	600	650
100	350	1750	4	1450	750	1350	600	700
* 125	420	2100	4	1500	750	1350	600	750
160	500	2500	4	1600	750	1450	600	850
200	600	3000	4	1650	850	1450	600	900
250	700	3500	4	1650	900	1450	700	1100
315	850	4250	4	1650	900	1500	700	1400
400	1000	5000	4	1700	950	1700	700	1500
500	1200	6000	4	1700	1050	1700	700	1800
630	1450	7250	4	1700	1050	1900	800	2100
800	1750	8750	5	1950	1050	2025	800	2500
1000	2000	10500	5	2100	1100	2050	800	3200
1250	2300	13800	5	2200	1250	2150	1000	3700
1600	2700	17000	6	2400	2200	2100	1000	4300
2000	3000	21500	6	2500	2500	2200	1000	5300
2500	3300	24800	6	2700	2500	2300	1200	5900
* 3000	3750	27000	6	2800	2600	2700	1200	7200

* Modelos no contemplados en IRAM 2250

Tabla 73 Especificaciones Técnicas Transformadores Czerweny

Se extraen los siguientes datos necesarios:

$$S_N = 500[kVA]$$

$$U_{cc} = 4\%$$

$$P_{cc} = 6000[W]$$

La corriente nominal del transformador será:

$$I_N = \frac{500}{\sqrt{3} \times 0,4} = 722[A]$$

La impedancia será:

$$Z_{TRAFO} = U_{cc} \times \frac{U^2}{S_N}$$

$$Z_{TRAFO} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{0,500 \times 10^6}$$

$$Z_{TRAFO} = 0,0128[\Omega]$$

La resistencia será:

$$R_{TRAFO} = \frac{P_{cc}}{3 \times I_N^2}$$

$$R_{TRAFO} = \frac{6000}{3 \times 722^2}$$

$$\mathbf{R_{TRAFO} = 0,0038[\Omega]}$$

La reactancia será:

$$X_{TRAFO} = \sqrt{Z_{TRAFO}^2 - R_{TRAFO}^2}$$

$$X_{TRAFO} = \sqrt{0,0128^2 - 0,0038^2}$$

$$\mathbf{X_{TRAFO} = 0,0122[\Omega]}$$

2.12.6.1.3 Impedancia de los conductores

Para la impedancia de los conductores se recurre al catálogo del fabricante PYSMIAN de donde son seleccionados los diferentes conductores para la instalación. De allí se extraen los valores de resistencia y reactancia para cada uno y luego se los afecta por las respectivas longitudes.

A continuación, se muestra la tabla resumen con estos valores para todos los conductores.

Tablero Principal	R/km
	0,0987
Corriente	X/km
335,23	0,137
Longitud	R
100,00	0,00987
Sección [mm²]	Xj
240	0,0137
4 Conductores unipolares Sintenax Valio marca PRYSMIAN, Directamente enterrados Imáx=475A	Z
	0,016885109
	α
	0,946
	α°
	54,23

Tabla 74 Impedancia conductor Acometida

Tablero Seccional	Nombre	Longitud [m]	Sección [mm ²]	Descripción	R/km	X/km	z[α]				
							R	Xj	Z	α	α°
1	Iluminación	12	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A	2,29	0,086	0,0275	0,00103	0,0275	0,038	2,15
2	Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	59,5	35	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=110A	0,663	0,076	0,0394	0,00452	0,0397	0,114	6,54
3	Pañol	14,5	10	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=61A	2,29	0,086	0,0332	0,00125	0,0332	0,038	2,15
4	Camara Frigorifica	42,2	16	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=70A	1,45	0,0813	0,0612	0,00343	0,0613	0,056	3,21
5	Area de limpieza de Vehículos	40	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A	2,29	0,086	0,0916	0,00344	0,0917	0,038	2,15
6	Taller mecánico	57,5	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A	2,29	0,086	0,1317	0,00495	0,1318	0,038	2,15
7	Instalación de Agua	40	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,0991	0,2368	0,00396	0,2368	0,017	0,96
8	Autoclave SA-U 480	36	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,0991	0,2131	0,00357	0,2131	0,017	0,96
	Horno Piro lítico PY- 125	32,5	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,0991	0,1924	0,00322	0,1924	0,017	0,96
	Elevadora de carros/Enfardadora	24	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A	1,45	0,0813	0,0341	0,00191	0,0341	0,056	3,21
	Campana Extracción	31	2,5	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=22A	9,55	0,0995	0,2961	0,00308	0,2961	0,010	0,60
	Caldera INCOL 60	34,5	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,0991	0,2042	0,00342	0,2043	0,017	0,96
	Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	40	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,0991	0,2368	0,00396	0,2368	0,017	0,96
	Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	12	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A	5,92	0,0991	0,0710	0,00119	0,0710	0,017	0,96
	Planta de tratamiento de efluentes	35,5	4	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,0991	0,2102	0,00352	0,2102	0,017	0,96
	Lavadora de contenedores	52,5	10	Conductor tetrapolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=52A	1,45	0,0813	0,0761	0,00427	0,0762	0,056	3,21
	Correccion factor de potencia [KVar]	2,0	95	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, en pared (tablero) Imáx=156A	1,45	0,0813	0,0029	0,00016	0,0029	0,056	3,21

Tabla 75 Impedancias conductores en Tablero Principal a Tableros seccionales y Equipos puntuales

Tablero Seccional	Carga	Longitud [m]	Sección [mm ²]	Descripción	R/km	X/km	Z[Ω]				
							R	Xj	Z	α	α°
1	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	100	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,9550	0,0100	0,9551	0,010	0,60
	Ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	47,2	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,4508	0,0047	0,4508	0,010	0,60
	Ilum. Área Limpieza Contenedores	57,5	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,5491	0,0057	0,5492	0,010	0,60
	Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	45	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,4298	0,0045	0,4298	0,010	0,60
	Ilum exterior planta	100	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,9550	0,0100	0,9551	0,010	0,60
	Ilum. Pañol y sala compresores	19,5	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,1862	0,0019	0,1862	0,010	0,60
2	Aire acondicionado 1 (HALL)	10	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=44A	3,95	0,09	0,0395	0,0009	0,0395	0,023	1,31
	Aire acondicionado 2 (Oficinas 1, 2)	20	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=26A	9,55	0,1	0,1910	0,0020	0,1910	0,010	0,60
	Aire acondicionado 3 (Oficinas 3, 4, 5)	20	4	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=35A	5,92	0,1	0,1184	0,0020	0,1184	0,017	0,96
	Aire acondicionado 4 (Sala de reuniones)	20	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=35A	5,92	0,1	0,1184	0,0020	0,1184	0,017	0,96
	Tomas monof. planta alta (Oficinas 1, 2)	20	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,1910	0,0020	0,1910	0,010	0,60
	Tomas monof. planta alta (Oficinas 3, 4, 5)	20	3x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,1910	0,0020	0,1910	0,010	0,60
	Tomas monof. planta alta (Oficina Recepción)	10	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,0955	0,0010	0,0955	0,010	0,60
	Tomas monof. planta alta (Sala de reuniones)	30	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,2865	0,0030	0,2865	0,010	0,60
	Tomas monof. planta alta (Cocina y baños)	20	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,1910	0,0020	0,1910	0,010	0,60
	Tomas monof. planta baja (Hall)	5	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,0478	0,0005	0,0478	0,010	0,60
	Tomas monof. planta baja (Vestuarios)	10	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,0955	0,0010	0,0955	0,010	0,60
	Iluminación	30	2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,2865	0,0030	0,2865	0,010	0,60
3	tomas monofasicas x 4	8	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,0764	0,0008	0,0764	0,010	0,60
	Aire acondicionado	8	6	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=44A	3,95	0,09	0,0316	0,0007	0,0316	0,023	1,31
4	Equipo de frío 1	10	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,1	0,0592	0,0010	0,0592	0,017	0,96
	Equipo de frío 2	10	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,1	0,0592	0,0010	0,0592	0,017	0,96
	Equipo de frío 3	10	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,1	0,0592	0,0010	0,0592	0,017	0,96
	Equipo de frío 4	10	4	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=30A	5,92	0,1	0,0592	0,0010	0,0592	0,017	0,96
5	tomas mono x 4	1	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,0096	0,0001	0,0096	0,010	0,60
	toma trifasica 1	1	10	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=40A	2,29	0,09	0,0023	0,0001	0,0023	0,038	2,15
6	tomas mono x 4	1	2x2,5	Conductor bipolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=20A	9,55	0,1	0,0096	0,0001	0,0096	0,010	0,60
	toma trifasica 1	1	10	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, embutido en pared Imáx=40A	2,29	0,09	0,0023	0,0001	0,0023	0,038	2,15
7	Bomba Cisterna-Tanque agua potable	20	2,5	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=22A	9,55	0,1	0,1910	0,0020	0,1910	0,010	0,60
	Bomba Tanque agua tratada-Caldera	9	2,5	Conductor tripolar Sintenax Valio marca PRYSMIAN, sobre bandeja perforada Imáx=22A	9,55	0,1	0,0860	0,0009	0,0860	0,010	0,60

Tabla 76 Impedancias conductores Tableros Seccionales a Cargas

2.12.6.1.4 Impedancia de los motores eléctricos / Malla de motores en paralelo

Como la instalación no presenta motores de uso continuo o permanente, y son de poca potencia, el aporte que puedan llegar a dar en la corriente de cortocircuito es muy escasa, por lo que se decide no calcularla.

2.12.6.2 Corrientes de Cortocircuito

Para poder determinar la magnitud de la corriente de cortocircuito en cada tramo, primero se ubican los sectores de la instalación donde sería posible que ocurra una falla. Se muestra a continuación el diagrama unifilar de la planta con la ubicación y nombre de cada de las fallas. Cabe mencionar que las fallas de mayor magnitud son las de cortocircuito trifásico, sin embargo, se calcula también la falla monofásica para cada caso.

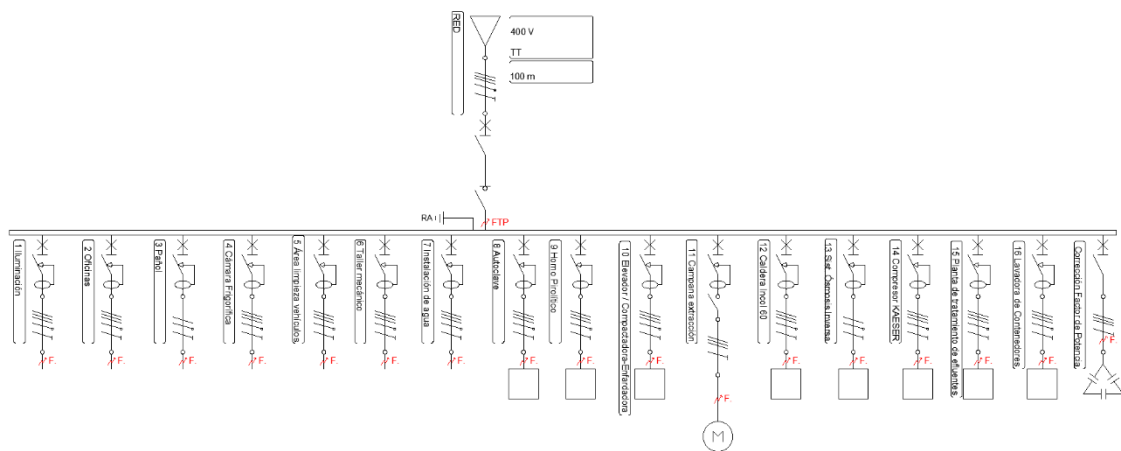


Imagen 111 Fallas Cortocircuito en Tablero Principal

2.12.6.2.1 Falla en Tablero Principal

Para los cálculos, se empieza aguas arriba en la instalación, comenzando por la falla “FTP” (falla en tablero principal), la cual toma las impedancias de la Red, el Transformador de MT/BT que provee la energía y los tramos de conductor correspondientes (en este caso se toma una longitud de 100 metros, relacionada a la distancia del Transformador al Tablero Principal).

El cálculo de la impedancia total para este caso resulta en los siguientes valores:

$$Z_{total} = Z_{red} + Z_{trafo} + Z_{conductores} = \sqrt{(R_{total})^2 + (X_{total})^2}$$

$$R_{total} = R_{red} + R_{trafo} + R_{conductores}$$

$$X_{total} = X_{red} + X_{trafo} + X_{conductores}$$

Z[Ω]				
R	Xj	Z	α	α°
0,01371	0,02591	0,02931	1,084	62,12
R/X	X/R			
0,529	1,890			

Tabla 77 Impedancia total cálculo de cortocircuito

Una vez obtenida la impedancia, se procede a calcular la Corriente trifásica de cortocircuito I''_{K3} y la corriente de cortocircuito monofásica I''_{K1} , cuyas ecuaciones es:

$$I''_{K1} = \frac{\sqrt{3} \times c \times U}{2 \times Z_{total} + Z_0} = \frac{\sqrt{3} \times c \times U}{2 \times Z_{total} + 4 \times Z_{Conductor}}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 1,1 \times 400[V]}{2 \times 0,02931[\Omega] + 4 \times 0,01688[\Omega]}$$

$$I''_{K3} = \frac{c \times U}{\sqrt{3} \times Z_{total}} = \frac{1,1 \times 400[V]}{\sqrt{3} \times 0,02931[\Omega]}$$

I''_{K1}	6040,30
I''_{K3}	8665,78

Tabla 78 Corriente de cortocircuito calculada

(unidad expresada en [A])

De la relación entre la parte Resistiva y la parte Inductiva de la impedancia se obtiene el coeficiente χ el cual permite determinar la corriente de choque de cortocircuito:

$$\chi = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}}$$

$$I_s = I''_{K3} \times \sqrt{2} \times \chi = 8665,8[A] \times \sqrt{2} \times 1,22$$

χ	1,22
I_s	14956,01

Tabla 79 Corriente de choque de cortocircuito

En este caso se realiza la comparación con la corriente de aporte de los motores: $I_{n \text{ motores}} < 0,01 I_{K3}''$ solo para verificar que no aportan a la corriente de cortocircuito, ya que la corriente nominal de estos motores nunca llega a superar el 1% de la corriente de cortocircuito trifásica. La instalación no cuenta con motores eléctricos de gran tamaño que estén trabajando de manera constante y que puedan llegar a incrementar la magnitud de la falla. Se toma para esto los motores que si pueden llegar a funcionar al momento de la falla y estos son las bombas de agua del tablero seccional n°7:

<i>Puntos de consumo</i>	<i>Numero de tablero</i>	<i>Potencia nominal (chapa)</i>	<i>Corriente de consumo unitario</i>
Bomba Cisterna-Tanque agua potable		0,37	1,35
Bomba Tanque agua tratada-Caldera		1,12	4,04
In motores en funcionamiento simultaneo			5,38

Tabla 80 Corriente nominal de motores en funcionamiento simultaneo

Se compara con el $0,01 I_{K3}''$:

$0,01 I_{K3}''$	86,66
$I_{n \text{ motores}}$	5,38

Tabla 81 Comparación Corriente de cortocircuito y corriente nominal de motores

Operando de la misma manera, y añadiendo los tramos de conductores necesarios hasta llegar a cada punto de falla supuesto, son calculadas todas las fallas de cortocircuito trifásicas.

Primero se exponen las fallas en los tableros seccionales (con la nomenclatura FT1 siendo: Falla en Tablero seccional 1). Luego se exponen las fallas en las cargas (con la nomenclatura FT1-FC1 siendo: Falla en Tablero seccional 1, Falla Carga 1).

2.12.6.2.2 Falla en Tablero Seccional 1

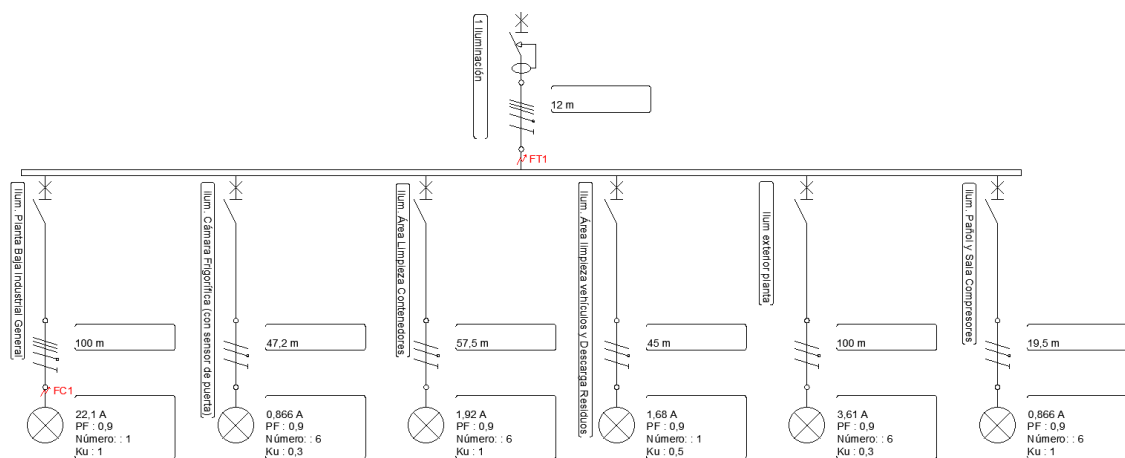


Imagen 112 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 1

Falla FT1 ilum.	Red	Trafo	Ltp	Lt1	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,04119	0,02694	0,04922	0,579	33,19
	R/X	X/R			
	1,529	0,654			
<i>I''_{k1}</i>	3656,28				
<i>I''_{k3}</i>	5161,26				
<i>χ</i>	1,03				
<i>I_s</i>	7518,00				
<i>0,01''_k</i>	51,61				
<i>I_n</i> motores	5,38				

Falla FT1-FC1	Red	Trafo	Ltp	Lt1	Lc1
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
Z _{total}	0,43619	0,03595	0,43767	0,082	4,71
	R/X	X/R			
	12,132	0,082			
I''k1	310,33				

Tabla 82 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 1

2.12.6.2.3 Falla en Tablero Seccional 2

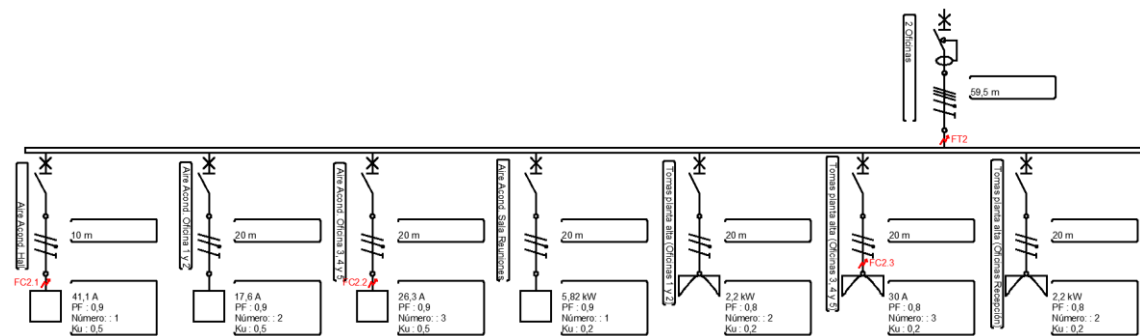


Imagen 113 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 2

Falla FT2 Ofic.	Red	Trafo	Ltp	Lt2	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
Z _{total}	0,05316	0,03043	0,06125	0,520	29,79
	R/X	X/R			
	1,747	0,572			
I''k1	2708,88				
I''k3	4147,25				
χ	1,03				
I _s	6012,86				
0,01''k	41,47				
I _{n motores}	5,38				

Falla FT2-FC2.1	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt2</i>	<i>Lc2.1</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,09266	0,03133	0,09781	0,326	18,68
	R/X	X/R			
	2,957	0,338			
<i>I''k1</i>	2154,85				

Falla FT2-FC2.2	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt2</i>	<i>Lc2.1</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,17156	0,03242	0,17459	0,187	10,70
	R/X	X/R			
	5,293	0,189			
<i>I''k1</i>	926,17				

Falla FT2-FC2.3	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt2</i>	<i>Lc2.1</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,24416	0,03242	0,24630	0,132	7,56
	R/X	X/R			
	7,530	0,133			
<i>I''k1</i>	606,46				

Tabla 83 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional

2.12.6.2.4 Falla en Tablero Seccional 3

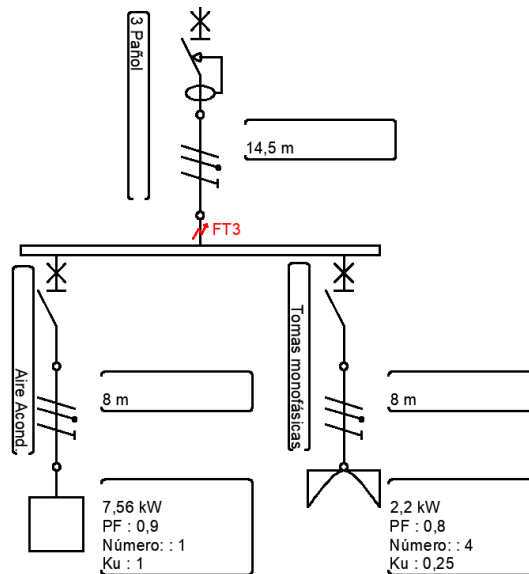


Imagen 114 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 3

Falla FT3 Pañol	Red	Trafo	Ltp	Lt3	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,04692	0,03043	0,05592	0,575	32,97
	R/X	X/R			
	1,542	0,649			
<i>I''k1</i>	3113,72				

Tabla 84 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 3

Se omiten las fallas de cortocircuito en las cargas debido a que son similares a las calculadas en el capítulo anterior para las cargas del tablero seccional 2 Oficinas.

2.12.6.2.5 Falla en Tablero Seccional 4

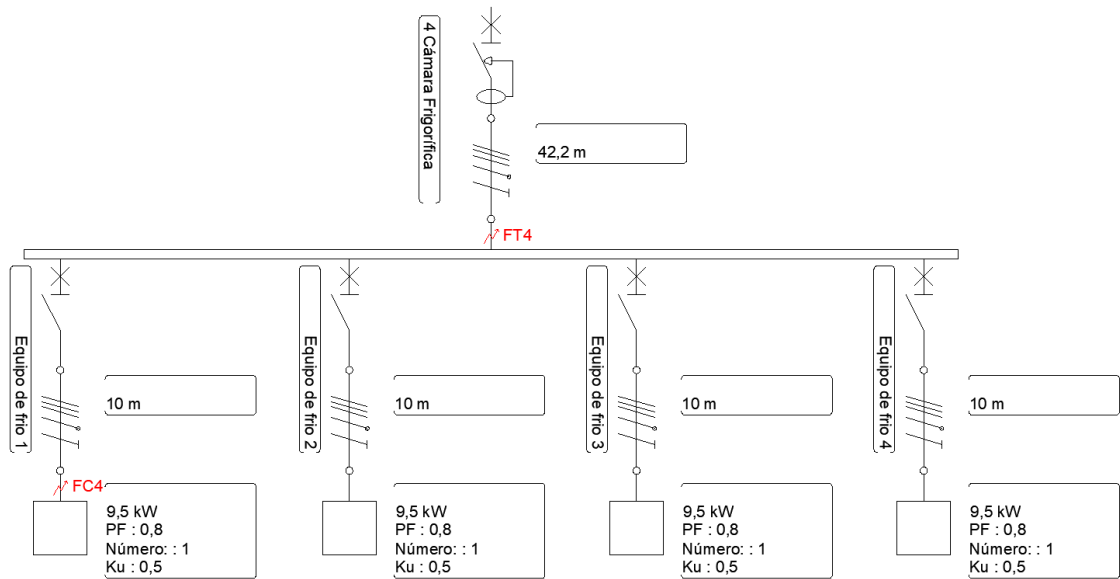


Imagen 115 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 4

Falla FT4 C.F.	Red	Trafo	Ltp	Lt4	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
Z _{total}	0,07490	0,02934	0,08044	0,373	21,39
	R/X	X/R			
	2,553	0,392			
I''k1	1876,97				
I''k3	3157,97				
χ	1,02				
I _s	4557,43				
0,01I''k	31,58				
I _{n_motores}	5,38				

Falla FT4-FC4	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt4</i>	<i>Lc4</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,13410	0,03033	0,13749	0,222	12,75
	R/X	X/R			
	4,421	0,226			
<i>I''k1</i>	1489,04				
<i>I''k3</i>	1847,68				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	2665,28				
<i>0,01''k</i>	18,48				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 85 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 4

2.12.6.2.6 Falla en Tablero Seccional 5

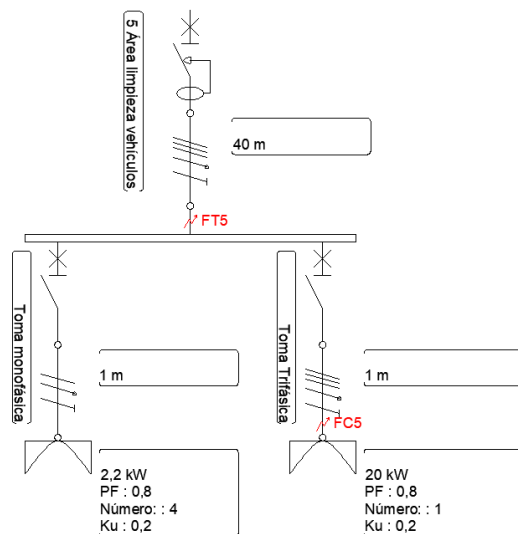


Imagen 116 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 5

Falla FT5 A.L.V.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt5</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,10531	0,02935	0,10932	0,272	15,57
	R/X	X/R			
	3,588	0,279			
<i>I''k1</i>	1302,06				
<i>I''k3</i>	2323,69				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	3351,98				
<i>0,01''k</i>	23,24				
<i>In_motores</i>	5,38				

Falla FT5-FC5	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt5</i>	<i>Lc51</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,10760	0,02944	0,11155	0,267	15,30
	R/X	X/R			
	3,655	0,274			
<i>I''k1</i>	3281,04				
<i>I''k3</i>	2277,23				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	3284,95				
<i>0,01''k</i>	22,77				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 86 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 5

2.12.6.2.7 Falla en Tablero Seccional 6

Falla FT6 T.M.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt6</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,14539	0,03086	0,14862	0,209	11,98
	R/X	X/R			
	4,712	0,212			
<i>I''k1</i>	924,52				
<i>I''k3</i>	1709,25				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	2465,59				
<i>0,01I''k</i>	17,09				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 87 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 5

Se omiten las fallas de cortocircuito en las cargas debido a que son similares a las calculadas en el capítulo anterior para las cargas del tablero seccional 5 Área de Limpieza de Vehículos.

2.12.6.2.8 Falla en Tablero Seccional 7

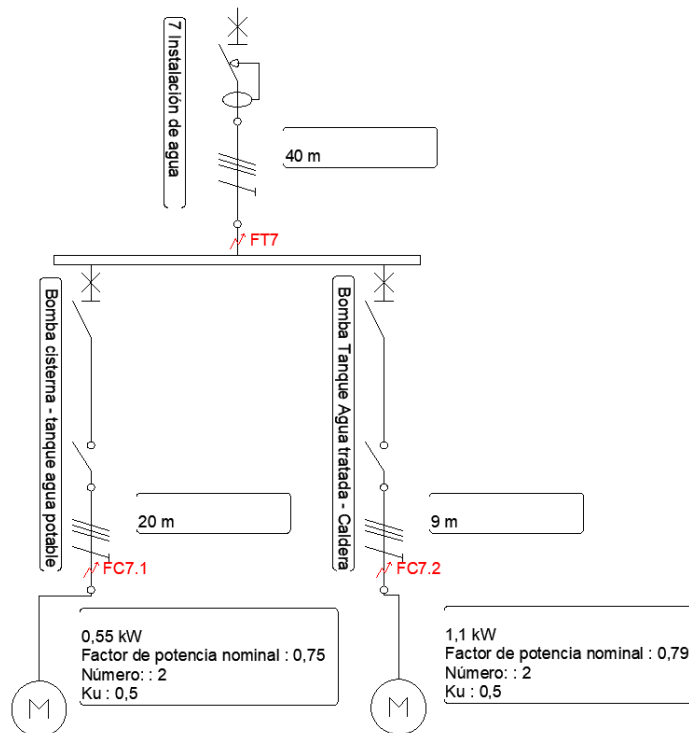


Imagen 117 Fallas de cortocircuito en tablero seccional 7

Falla FT7 Inst.A.	Red	Trafo	Ltp	Lt7	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,25051	0,02988	0,25229	0,119	6,80
	R/X	X/R			
	8,385	0,119			
<i>I''k1</i>	524,90				
<i>I''k3</i>	1006,93				
<i>χ</i>	1,02				
<i>I_s</i>	1452,50				
<i>0,01I''k</i>	10,07				
<i>I_n motores</i>	5,38				

Falla FT7-FC71	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt7</i>	<i>Lc71</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,44151	0,03187	0,44266	0,072	4,13
	R/X	X/R			
	13,856	0,072			
<i>I''k1</i>	462,06				
<i>I''k3</i>	573,88				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	827,82				
<i>0,01''k</i>	5,74				
<i>In_motores</i>	5,38				

Falla FT7-FC72	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt7</i>	<i>Lc72</i>
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,33646	0,03077	0,33786	0,091	5,23
	R/X	X/R			
	10,934	0,091			
<i>I''k1</i>	747,49				
<i>I''k3</i>	751,88				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	1084,59				
<i>0,01''k</i>	7,52				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 88 Corriente de cortocircuito Tablero Seccional 7

2.12.6.2.9 Falla en Equipos Puntuales

Falla FT Autoclave	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt8</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,22683	0,02948	0,22874	0,129	7,40
	R/X	X/R			
	7,695	0,130			
<i>I''k1</i>	581,72				
<i>I''k3</i>	1110,59				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	1602,03				
<i>0,01I''k</i>	11,11				
<i>In_{motores}</i>	5,38				

Tabla 89 Corriente de cortocircuito Autoclave

Falla FT H.Pirolítico	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt9</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,20611	0,02913	0,20816	0,140	8,04
	R/X	X/R			
	7,075	0,141			
<i>I''k1</i>	642,57				
<i>I''k3</i>	1220,39				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	1760,41				
<i>0,01I''k</i>	12,20				
<i>In_{motores}</i>	5,38				

Tabla 90 Corriente de cortocircuito Horno Pirolítico

Falla FT Elev. Enf.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt10</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,04779	0,02782	0,05529	0,527	30,21
	R/X	X/R			
	1,718	0,582			
<i>I''k1</i>	3084,15				
<i>I''k3</i>	4594,22				
<i>χ</i>	1,03				
<i>Is</i>	6663,99				
<i>0,01I''k</i>	45,94				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 91 Corriente de cortocircuito Enfardadora

Falla FT Camp.Ext.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt11</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,30976	0,02900	0,31111	0,093	5,35
	R/X	X/R			
	10,683	0,094			
<i>I''k1</i>	421,87				
<i>I''k3</i>	816,53				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	1177,84				
<i>0,01I''k</i>	8,17				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 92 Corriente de cortocircuito Campana de Extracción

Falla FT Caldera	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt12</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,21795	0,02933	0,21991	0,134	7,66
	R/X	X/R			
	7,431	0,135			
<i>I''k1</i>	606,33				
<i>I''k3</i>	1155,15				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	1666,30				
<i>0,01I''k</i>	11,55				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 93 Corriente de cortocircuito Caldera

Falla FT Sist. Os. Inv.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt13</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,25051	0,02988	0,25229	0,119	6,80
	R/X	X/R			
	8,385	0,119			
<i>I''k1</i>	524,90				

Tabla 94 Corriente de cortocircuito Sist. Ósmosis Inversa

Falla FT Compressor	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt14</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,08475	0,02710	0,08898	0,309	17,73
	R/X	X/R			
	3,127	0,320			
<i>I''k1</i>	1649,02				
<i>I''k3</i>	2855,04				
<i>χ</i>	1,02				
<i>Is</i>	4118,72				
<i>0,01I''k</i>	28,55				
<i>In_motores</i>	5,38				

Tabla 95 Corriente de cortocircuito Compressor

Falla FT P. Trat. Ef.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt15</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,22387	0,02943	0,22580	0,131	7,49
	R/X	X/R			
	7,607	0,131			
<i>I''k1</i>	589,70				
<i>I''k3</i>	1125,06				

Tabla 96 Corriente de cortocircuito Planta Tratamiento de Efluentes

Falla FT Lav. Cont.	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt16</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,08984	0,03018	0,09477	0,324	18,57
	R/X	X/R			
	2,977	0,336			
<i>I''_{k1}</i>	4020,85				
<i>I''_{k3}</i>	2680,57				
<i>χ</i>	1,02				
<i>I_s</i>	3867,20				
<i>0,01''_k</i>	26,81				
<i>I_{n_motores}</i>	5,38				

Tabla 97 Corriente de cortocircuito Lavadora de Contenedores

Falla FT Corr. FP	<i>Red</i>	<i>Trafo</i>	<i>Ltp</i>	<i>Lt17</i>	
	Z[Ω]				
	R	Xj	Z	α	α°
<i>Z_{total}</i>	0,01421	0,02620	0,02980	1,074	61,53
	R/X	X/R			
	0,542	1,844			
<i>I''_{k3}</i>	8524,86				
<i>χ</i>	1,21				
<i>I_s</i>	14619,03				
<i>0,01''_k</i>	85,25				
<i>I_{n_motores}</i>	5,38				

Tabla 98 Corriente de cortocircuito Corrección FP

2.12.7 Verificación de los conductores a cortocircuito

Una vez obtenidas todas las corrientes de cortocircuito, se precede a verificar si los conductores seleccionados soportan estas corrientes el tiempo que tardan las protecciones en actuar. El objeto de esta verificación es la de seleccionar

posteriormente las protecciones correspondientes para cada conductor, buscando que actúen antes de que se sufran daños permanentes.

Tabla 771.19.II – Valores de k para los conductores de línea

k						
Aislación de los conductores	PVC \leq 300 mm ²	PVC $>$ 300 mm ²	EPR / XLPE	Goma 60 °C	Mineral	
					PVC	Desnudo
Temperatura inicial °C	70	70	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	250	200	160	250
Material conductor	Cobre	115	103	143	141	115 / 115 ^a
	Aluminio	76	68	94	93	--
	Uniones estañadas en conductor de cobre	115	--	--	--	--

^a Este valor debe ser empleado para cables desnudos expuestos al contacto

Tabla 99 Valores de "k" para conductores de línea

(Reglamento AEA 2006-90364 Parte 7)

- (I^2t) Energía específica que el dispositivo de protección deja pasar en caso de cortocircuito en $[A^2s]$.
- K^2S^2 : La energía que puede absorber el cable en régimen adiabático.
- S : Sección del cable o conductor en $[mm^2]$.
- K : Factor que depende del material del conductor y de su aislamiento.

De dicha ecuación, se despeja la corriente de la siguiente manera:

$$I_{cc} = k \times \frac{S}{\sqrt{t}}$$

Según la tabla F-1 de la página 39 del manual de PRYSMIAN para Baja Tensión, la constante k tiene un valor de 115 para conductores de cobre y aislamiento termoplástico (tipo PVC) como en este caso, para un máximo de 160°C.

Se muestra en una tabla de Excel las fallas con sus corrientes de cortocircuito, la sección previamente seleccionada y la corriente que soportan según esta ecuación para distintos tiempos. Los nombres resaltados en color amarillo indican que se tratan de

fallas monofásicas. Los números resaltados en rojo indican que no soportan la corriente de cortocircuito asignada para ese tiempo.

Falla FTP	Sección Seleccionada [mm ²]	Verificación 0,1s [A]
8665,78	240	87279

Tabla 100 Verificación conductor a CC Acometida

Nombre	I ² k ³	Sección Seleccionada [mm ²]	Verificación 0,1s [A]	Verificación 0,05s [A]	Verificación 0,03s [A]
Falla FT1 ilum.	5161,3	10	3637	5143	6640
Falla FT2 Ofic.	4147,3	35	12728	18000	23238
Falla FT3 Pañol	4542,7	10	3637	5143	6640
Falla FT4 C.F.	3158,0	16	5819	8229	10623
Falla FT5 A.L.V.	2323,7	10	3637	5143	6640
Falla FT6 T.M.	1709,2	10	3637	5143	6640
Falla FT7 Inst.A.	1006,9	4	1455	2057	2656
Falla FT Autoclave	1110,6	4	1455	2057	2656
Falla FT H.Pirolítico	1220,4	4	1455	2057	2656
Falla FT Elev. Enf.	4594,2	10	3637	5143	6640
Falla FT Camp.Ext.	816,5	2,5	909	1286	1660
Falla FT Caldera	1155,1	4	1455	2057	2656
Falla FT Sist. Os. Inv.	524,9	4	1455	2057	2656
Falla FT Compresor	2855,0	10	3637	5143	6640
Falla FT P. Trat. Ef.	1125,1	4	1455	2057	2656
Falla FT Lav. Cont.	2680,6	10	3637	5143	6640
Falla FT Corr. FP	8524,9	95	34548	48858	63076

Tabla 101 Verificación conductor a CC TP a TS y Equipos Puntuales

Nombre	$I''k^3$	Sección Seleccionada [mm ²]	Verificación 0,1s [A]	Verificación 0,05s [A]	Verificación 0,03s [A]
Falla FT1-FC1	310,3	6	2182	3086	3984
Falla FT2-FC2.1	2154,9	6	2182	3086	3984
Falla FT2-FC2.2	926,2	4	1455	2057	2656
Falla FT2-FC2.3	606,5	6	2182	3086	3984
Falla FT4-FC4	1847,7	4	1455	2057	2656
Falla FT5-FC5	2277,2	10	3637	5143	6640
Falla FT7-FC71	573,9	2,5	909	1286	1660
Falla FT7-FC72	751,9	2,5	909	1286	1660

Tabla 102 Verificación conductor a CC entre TS y Cargas

Para el caso particular del conductor de la falla FT2-FC2.3 (correspondiente a tomas de tres oficinas) se seleccionan 3 conductores por fase de 2,5 [mm²] de sección y para esta verificación se toma un solo conductor de sección de 6[mm²] como equivalencia.

De acuerdo a la norma AEA 90909 los conductores deben resistir el tiempo que tarda la protección en actuar. Normalmente este tiempo suele ser de 0,01 segundos (Schneider Ecodial, tiempo en que actúan las protecciones en sus curvas) por lo que se verifica cada conductor, con su correspondiente corriente de cortocircuito, a este valor de tiempo.

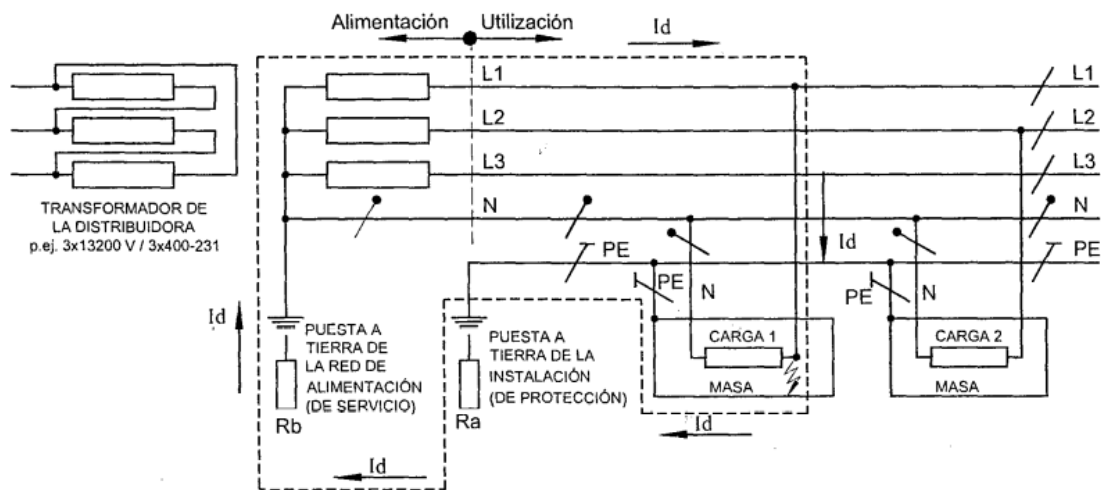
2.12.8 Puesta a Tierra

Se adoptan los siguientes criterios previos al cálculo y dimensionamiento de la puesta a tierra:

- Esquema de puesta a tierra: se decide adoptar un esquema de puesta a tierra TT.
- La resistencia específica del terreno donde se introduce la jabalina (tierra)

$$\text{es: } \rho_{\text{tierra}} = 90 \Omega m$$

- Como se adopta un esquema TT de puesta a tierra, el centro estrella del transformador se pone a tierra (Neutro), mientras que toda la instalación se pone a tierra independientemente a través de un conductor separado. Esta puesta a tierra se realiza en el tablero principal de la instalación mediante una o más jabalinas (a calcular). De esta sale un conducto PE al que se conectan todas las puestas a tierra de las distintas cargas de la instalación. A continuación, se muestra una imagen de la norma AEA 90363-7-771 del 2006 que explica lo anterior mencionado.



Carga 1; carga 2: Diferentes cargas o consumos dentro del mismo inmueble.
PE: Conductor de protección de la instalación consumidora del inmueble, conectado a la puesta a tierra de protección, independiente de la puesta a tierra de servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica.
Id: Intensidad de corriente de defecto o de falla, en este ejemplo entre la fase L1 y masa, que cierra el lazo de falla por el suelo o tierra.
Ra: Resistencia de la puesta a tierra de protección de la instalación consumidora.
Rb: Resistencia de la puesta a tierra de servicio de la red de alimentación.

Imagen 118 Figura 771.3 A Esquema de puesta a tierra TT

En esta misma norma indica que, todos los esquemas TT deben tener una protección diferencial que detecte las fugas por el conductor de puesta a tierra. Se decide poner una protección diferencial para cada equipo y tablero seccional dentro del tablero principal (a seleccionar), de sensibilidad alta (30 mA) para aquellos equipos y/o tablero en los que haya contacto frecuente con el personal, y una sensibilidad media

(300mA) en aquellos equipos con poco o nulo contacto. El motivo principal de este criterio de diseño es que permite seccionar e individualizar las fugas a tierra que ocurran en la planta, no dejando fuera de servicio al resto de los equipos.

Esto hace también, que el valor máximo de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas sea: $Ra = 40\Omega$.

Tabla 771.3.I – Valores máximos de resistencia de puesta a tierra de protección

Corriente diferencial máxima asignada del dispositivo diferencial $I_{\Delta n}$		Columna 1 Valor máximo de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas Ra (Ω) para U_L 50 V	Columna 2 Valor máximo de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas Ra (Ω) para U_L 24 V	Columna 3 Valor máximo permitido de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas Ra (Ω)
Sensibilidad baja	20 A	2,5	1,2	0,6
	10 A	5	2,4	1,2
	5 A	10	4,8	2,4
	3 A	17	8	4
Sensibilidad media	1 A	50	24	12
	500 mA	100	48	24
	300 mA	167	80	40
Sensibilidad alta	100 mA	500	240	40
	Hasta 30 mA inclusive	Hasta 1666	800	40

Tabla 103 Valores máximos de resistencia de puesta a tierra

La sección del conductor de protección S_{PE} se calcula tomando de referencia la siguiente tabla de la norma:

Tabla 771.18.III - Sección nominal mínima de los conductores de puesta a tierra y de protección

Sección nominal de los conductores de línea (fase) de la instalación " S " [mm^2]	Sección nominal del correspondiente conductor de protección " S_{PE} " [mm^2] y del conductor de puesta a tierra " S_{PAT} " [mm^2]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$

Tabla 104 Sección mínima de conductor de puesta a tierra

Primero se obtienen las resistencias de puesta a tierra Ra (de la instalación) y Rb (del servicio de la red de alimentación). Por reglamento, $Ra \leq 40\Omega$, y como la

corriente máxima de contacto es $I_C = 30 \text{ mA}$ y la tensión de contacto máxima es $U_H = 24 \text{ V}$.

$$Ra' = \frac{U_H}{I_C} = \frac{24 \text{ V}}{30 \text{ mA}} = 800 \Omega$$

Se observa que la resistencia por norma es mucho menor a la que necesitaría la protección diferencial para ser accionada.

Del tema anterior de este proyecto se obtiene las secciones de los conductores de puesta a tierra, según la tabla mostrada anteriormente.

<i>Tablero Principal</i>
<i>Sección [mm²]</i>
240
Sección Puesta a Tierra [mm²]
120

Tabla 105 Sección PAT seleccionada Acometida

<i>Tablero Seccional</i>	<i>Nombre</i>	<i>Sección [mm²]</i>	<i>Sección Puesta a Tierra [mm²]</i>
1	Iluminación	10	10
2	Oficinas (Planta alta, hall y vestuarios)	35	16
3	Pañol	10	10
4	Camara Frigorifica	16	16
5	Area de limpieza de Vehículos	10	10
6	Taller mecánico	10	10
7	Instalación de Agua	4	4
8	Autoclave SA-U 480	4	4
9	Horno Pirolítico PY- 125	4	4
10	Elevadora de carros/Enfardadora	10	10
11	Campana Extracción	2,5	2,5
12	Caldera INCOL 60	4	4
13	Sistema de Ósmosis Inversa (monofásica)	4	4
14	Compresor KAESER AIRCENTER 22 SFC	10	10
15	Planta de tratamiento de efluentes	4	4
16	Lavadora de contenedores	10	10
17	Correccion factor de potencia [KVAr]	95	50

Tabla 106 Sección PAT seleccionada entre TP y TS y Equipos puntuales

Tablero Seccional	Carga	Sección [mm ²]	Sección Puesta a Tierra [mm ²]
1	Ilum. Planta Baja Industrial General (incluye sala caldera)	6	6
	ilum. Cámara Frigorífica (con sensor de puerta)	2,5	2,5
	Ilum. Área Limpieza Contenedores	2,5	2,5
	Ilum. Área limpieza vehículos y Descarga Residuos	2,5	2,5
	Ilum exterior planta	2,5	2,5
	ilum. Pañol y sala compresores	2,5	2,5
2	Aire acondicionado 1 (HALL)	6	6
	Aire acondicionado 2 (Oficinas 1, 2)	2,5	2,5
	Aire acondicionado 3 (Oficinas 3, 4, 5)	4	4
	Aire acondicionado 4 (Sala de reuniones)	6	6
	Tomas monof. planta alta (Oficinas 1, 2)	2x2,5	2x2,5
	Tomas monof. planta alta (Oficinas 3, 4, 5)	3x2,5	3x2,5
	Tomas monof. planta alta (Oficina Recepción)	2x2,5	2x2,5
	Tomas monof. planta alta (Sala de reuniones)	2x2,5	2x2,5
	Tomas monof. planta alta (Cocina y baños)	2x2,5	2x2,5
	Tomas monof. planta baja (Hall)	2x2,5	2x2,5
	Tomas monof. planta baja (Vestuarios)	2x2,5	2x2,5
	Iluminación	2,5	2,5
3	tomas monofásicas x 4	2x2,5	2x2,5
	Aire acondicionado	6	6
4	Equipo de frío 1	4	4
	Equipo de frío 2	4	4
	Equipo de frío 3	4	4
	Equipo de frío 4	4	4
5	tomas mono x 4	2x2,5	2x2,5
	toma trifásica 1	10	10
6	tomas mono x 4	2x2,5	2x2,5
	toma trifásica 1	10	10
7	Bomba Cisterna-Tanque agua potable	2,5	2,5
	Bomba Tanque agua tratada-Caldera	2,5	2,5

Tabla 107 Sección PAT seleccionada entre TS y Cargas

Cabe aclarar que este conductor es el mismo modelo y material que los otros conductores, con una sección menor en ciertos casos.

Según la norma, si la relación entre la longitud y el diámetro da un valor de entre 100 y 600, la resistencia de la jabalina se aproxima a $R = \frac{\rho}{L}$:

En la norma también indica la distancia mínima entre jabalinas para una puesta a tierra TT:

Tabla 771.3.II - Radios equivalentes para electrodos IRAM 2309 y 2310

Designación comercial	Diámetro exterior (mm)	Longitud (m)	10 Re (m)
1 / 2 "	12,6	1,5	3,2
		2,0	4,0
		3,0	5,4
		4,5	7,6
		6,0	9,8
5 / 8 "	14,6	1,5	3,2
		2,0	4,0
		3,0	5,6
		4,5	7,8
		6,0	10,0
3 / 4 "	16,2	1,5	3,4
		2,0	4,2
		3,0	5,8
		4,5	8,0
		6,0	10,2

Tabla 108 Radios equivalentes de jabalinas

Como $\rho_{tierra} = 90 \Omega m$, si usamos jabalinas de 3 metros de longitud y diámetro $\frac{3}{4}$ " (o 19,05 mm).

$$\frac{L}{d} = \frac{3 m}{0,0162 m} = 185,2$$

$$Ra = \frac{\rho_{tierra}}{L}$$

$$n^{\circ} jabalinas = \frac{\rho_{tierra}}{Ra \times L_{jabalina}} = \frac{90 \Omega m}{40 \Omega \times 3 m} = 0,75 \cong 1$$

Se decide entonces, para reducir aún más la resistencia de puesta a tierra, instalar 3 jabalinas de 3 metros de longitud y diámetro $\frac{3}{4}$ ", una en las proximidades del tablero principal, y las otras a 7,5 metros de distancia entre cada una y en una disposición en forma de "pata de ganso" unidas por un conductor de cobre sin aislación de $35 mm^2$ de sección, que ayudará también a la reducción de la resistencia de la puesta a tierra.

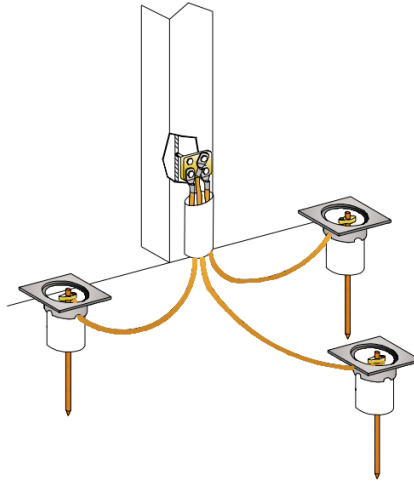


Imagen 119 Distribución jabalinas Pata de Ganso

En la imagen se puede observar la disposición de las jabalinas de puesta a tierra.

En este caso, la ubicación de cada jabalina será:

- 1 central, cercana al tablero principal.
- 1 por lado a 7,5 metros de distancia entre cada una, habiendo un total de 2 lados.

La protección diferencial que requiere este tipo de puesta a tierra (TT) se verá a continuación en el siguiente tema.

2.12.9 Tableros Eléctricos y Equipos de Protección. Selectividad

Una vez obtenidas las corrientes de cortocircuito trifásico en todos los puntos de la instalación eléctrica en donde es posible que ocurra un fallo, se seleccionan los equipos de maniobra y protección para proteger la misma y a los usuarios que la gestionen, como así también a los operarios de la planta industrial.

Para ello, se recurre a una herramienta online provista por SCHNEIDER ELECTRIC llamada EDESING Terciario en la cual, ingresando los parámetros de funcionamiento de la red, como lo son la tensión nominal, corriente nominal, corriente de cortocircuito, la curva de disparo deseada, si es necesario protección diferencial, entre otros parámetros de configuración, el sitio del fabricante selecciona, dentro de su amplia gama de equipos, el más adecuado de acuerdo con los valores ingresados. Además, posee la posibilidad de seleccionar el tablero eléctrico adecuado y obtener una visualización de los equipos instalados dentro del mismo. Esta selección se verifica con la selección realizada en el software también de la misma marca llamo ECODIAL (en el cual realizamos el esquema unifilar).

Una vez seleccionados los equipos adecuados para operar y proteger la instalación eléctrica completa de la planta industrial que se está diseñando, se definen las curvas de operación de los dispositivos y se observan las gráficas de selectividad de los respectivos ramales del circuito eléctrico, con el objetivo de conocer el funcionamiento automático de la red y su actuación frente a posibles fallos.

Para obtener la superposición de las gráficas de los distintos equipos de protección y determinar si existe selectividad total o parcial en diferentes circuitos conformados, se utiliza el software ECODIAL, en el cual ingresando los dispositivos de su marca en

orden en que se van sucediendo aguas abajo, el programa ubica sus graficas de disparo corriente-tiempo y así se puede determinar de manera precisa la selectividad existente.

A continuación, se detallan los equipos de maniobra y protección seleccionados para la instalación eléctrica, junto con sus tableros correspondientes.

2.12.9.1 Tablero Principal

Para el tablero principal de comando general de la planta se coloca una protección general que permita a su vez aislar a la planta del suministro externo. Luego, aguas abajo, se coloca un conmutador de red que permita desconectar a la planta de la red y acoplar el grupo generador para que este aporte su energía. Se agrega también una protección para el grupo generador, si bien éste como el conmutador deben ser provistos por la empresa que instale dicho grupo generador.

Aguas abajo encontramos todos los interruptores termomagnéticos de maniobra y protección que habilitan o dejan fuera de servicio cada tablero seccional y equipo puntual. Cada uno de estos interruptores suma una protección diferencial para la seguridad de los operarios, que dependiendo el caso del equipo o tablero es de sensibilidad media (300mA) o alta (30mA). Esta selección, si bien más costosa, garantiza la seguridad del personal según lo estipula la reglamentación de AEA y también que, ante una falla a tierra, no se deje sin servicio al resto de la planta, si no solo al equipo con la falla particular.

A continuación, se muestra el esquema con los equipos mencionados anteriormente y que componen el tablero principal.

Para la instalación de los equipos se selecciona un tablero metálico marca SCHNEIDER ELECTRIC modelo “PrismaSeT G IP30”, de 30 módulos y de un alto de 1730[mm].

A continuación, se muestra el tablero principal de la instalación eléctrica. Luego se indican las protecciones seleccionadas y la gráficas de las curvas para comprobar la selectividad con la superior o aguas arriba.



Imagen 120 Modelo Tablero Principal

Se colocan en primera instancia (lado izquierdo del tablero) en orden de abajo hacia arriba:

- Protección Principal de la planta modelo Compact NSX400N de calibre 400[A] y 4 polos.
- Conmutador de red modelo TransferPacT Active Automatic, 250[A] y 4 polos.
- Protección de grupo generador modelo ComPacT NSX250F 250[A] y 4 polos.

Del lado derecho se tiene las protecciones de los distintos tableros seccionales y equipos puntuales. En sentido de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo:

En primera fila:

- Protección tablero 1 Iluminación: modelo iC60N curva C, calibre 50[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 30[mA]. Poder de corte 10[kA].

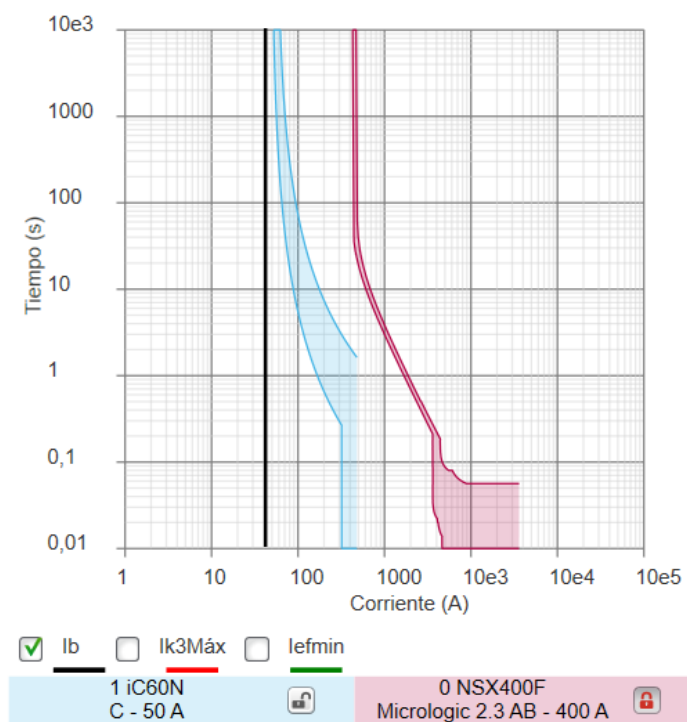


Imagen 121 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS1

Selectividad total.

- Protección tablero 2 Oficinas: modelo C120N curva C, calibre 100[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi C120 sensibilidad 30[mA]. Poder de corte 10[kA].

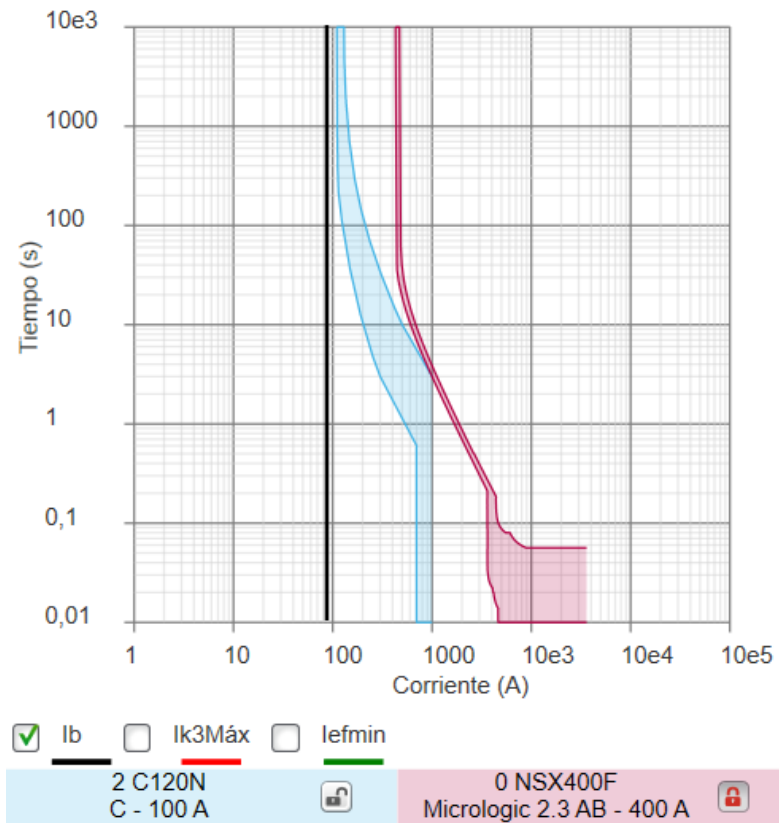


Imagen 122 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 2

Selectividad total.

En segunda fila:

- Protección tablero 3 Pañol: modelo iC60N curva C, calibre 50[A] y de 2 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 30[mA]. Poder de corte 10[kA].

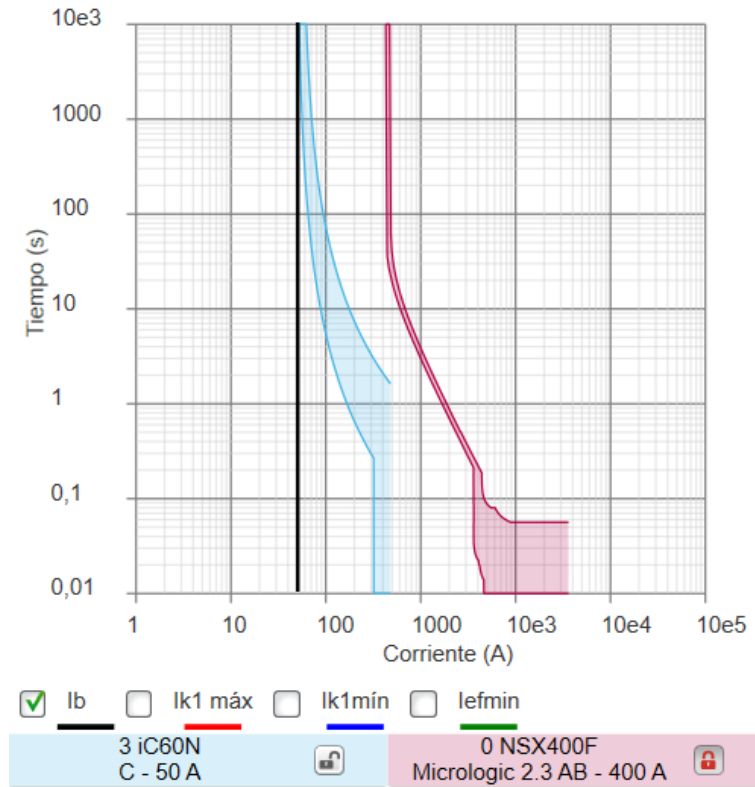


Imagen 123 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 3

Selectividad total.

- Protección tablero 4 Cámara Frigorífica: modelo C120N curva C, calibre 80[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi C120 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

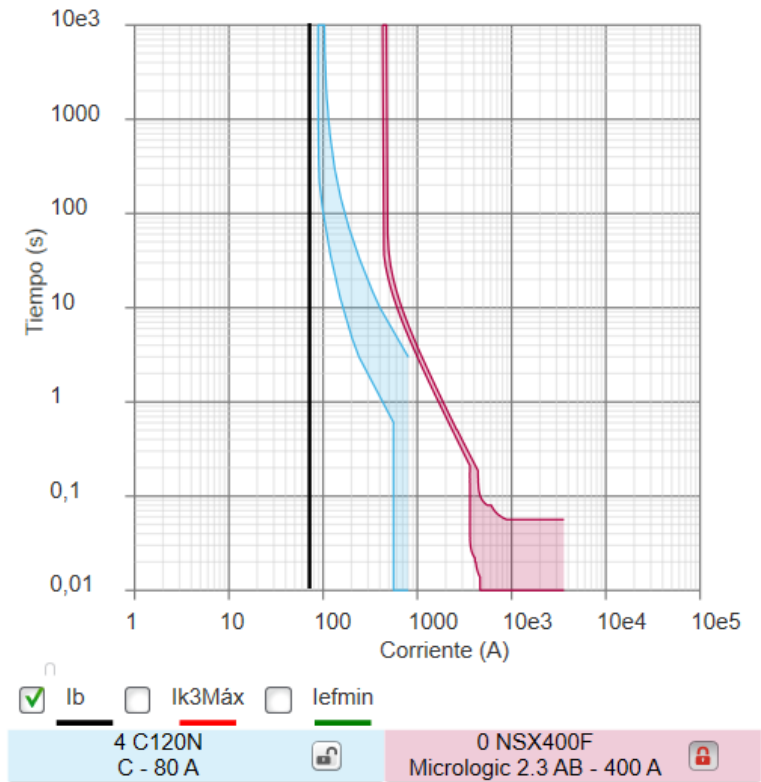


Imagen 124 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 4

Selectividad total.

- Protección tablero 5 Área de Limpieza de Vehículos: modelo iC60N curva C, calibre 50[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

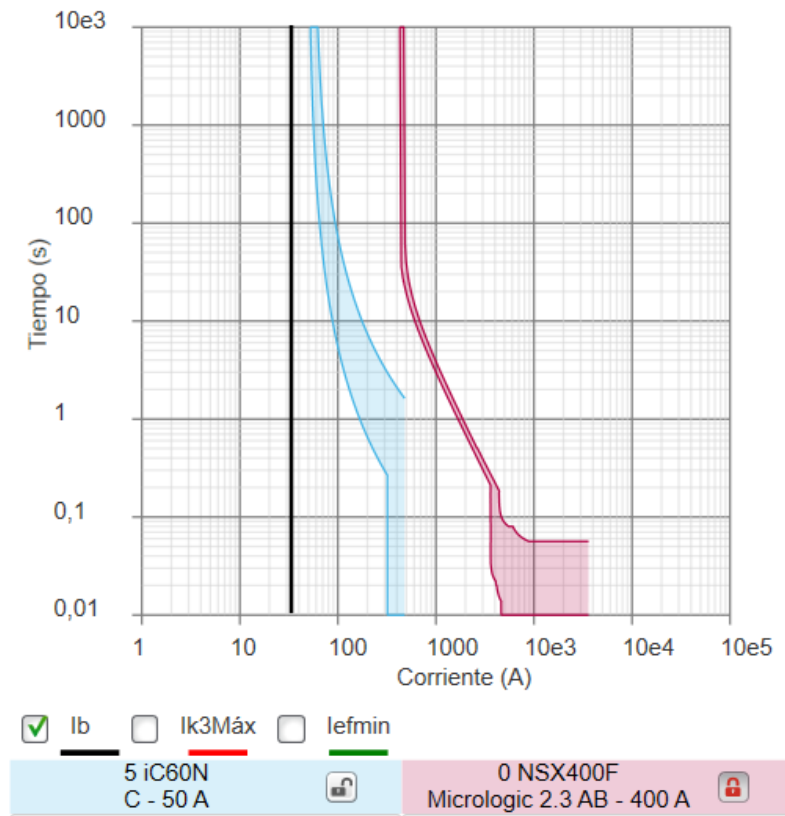


Imagen 125 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 5

Selectividad total.

En tercera fila:

- Protección tablero 6 Taller Mecánico: modelo iC60N curva C, calibre 50[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 30[mA]. Poder de corte 10[kA].

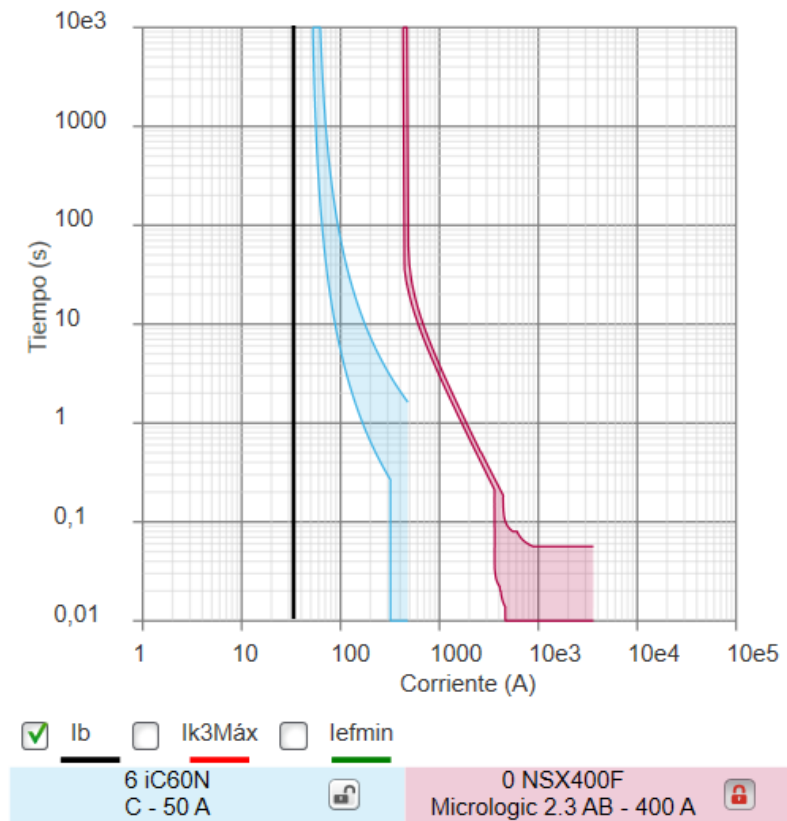


Imagen 126 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 6

Selectividad total.

- Protección tablero 7 Instalación de agua: modelo iC60N curva C, calibre 10[A] y de 3 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

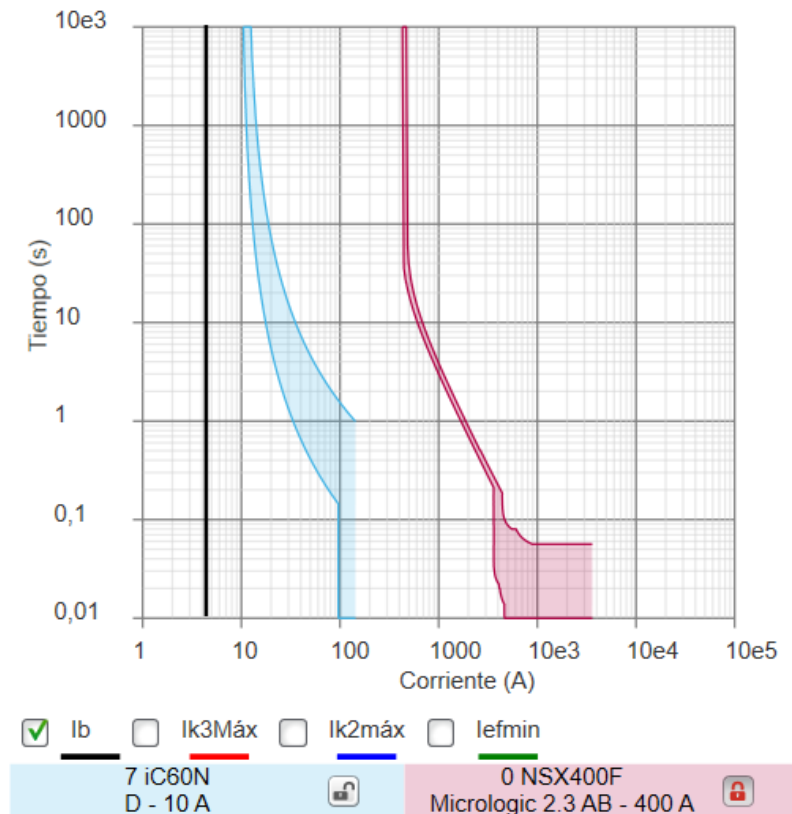


Imagen 127 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección TS 7

Selectividad total.

- Protección Autoclave: modelo iC60N curva C, calibre 16[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

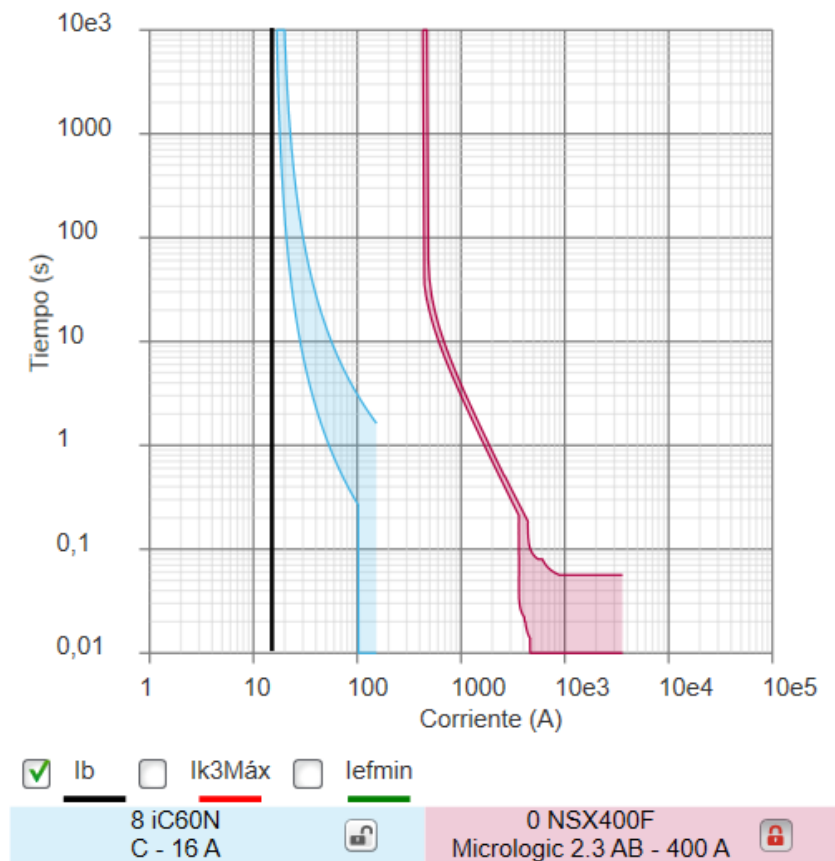


Imagen 128 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Autoclave

Selectividad total.

En cuarta fila:

- Protección Horno Pirolítico: modelo iC60N curva C, calibre 32[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

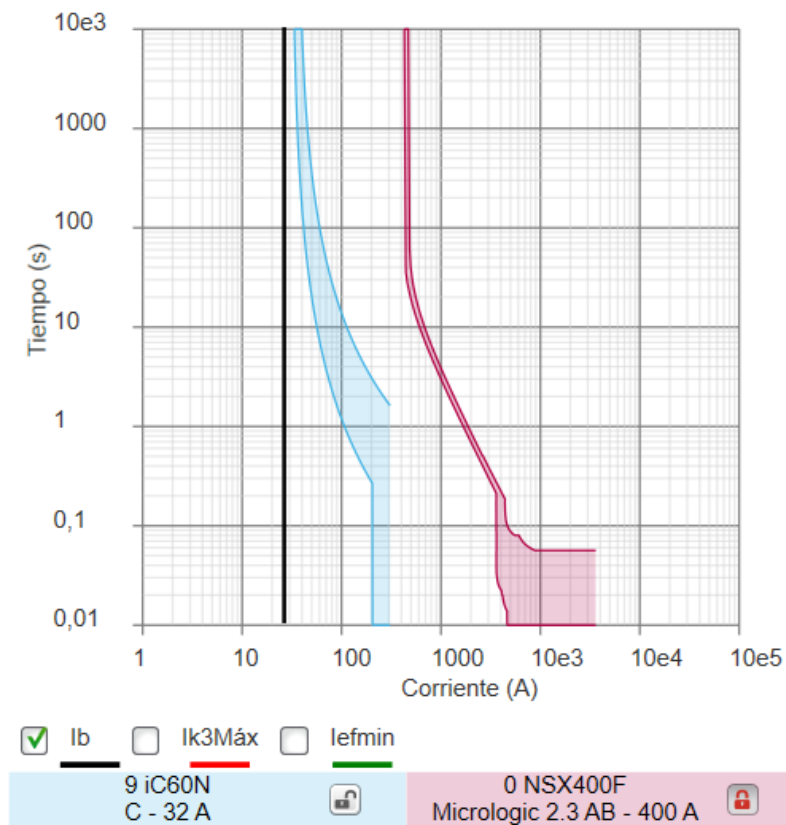


Imagen 129 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección H.Pirolítico

Selectividad total.

- Protección Elevador / Enfardadora: modelo iC60N curva C, calibre 32[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

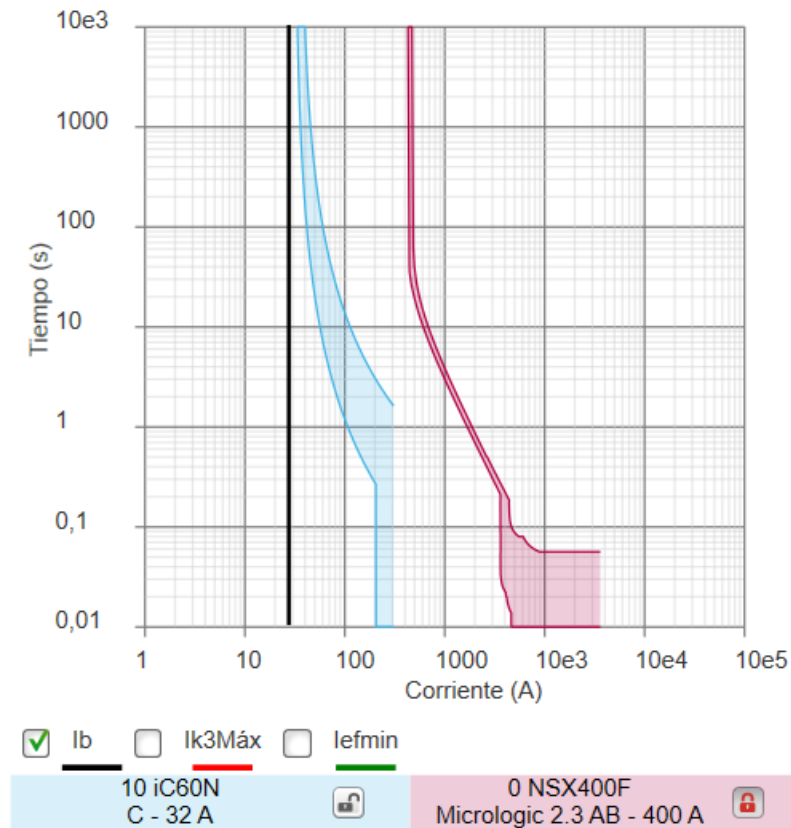


Imagen 130 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Enfardadora

Selectividad total.

- Protección Campana de Extracción: modelo iC60LMA, calibre 16[A] y de 3 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 20[kA].

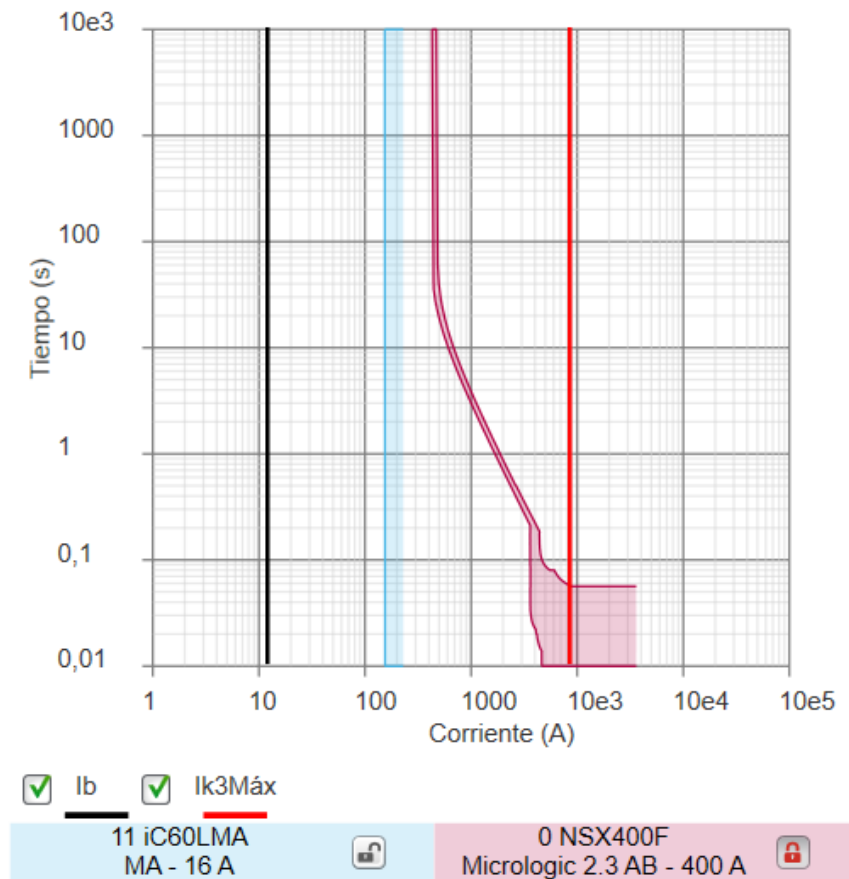


Imagen 131 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Campana Extracción

Selectividad total.

En quinta fila:

- Protección Caldera Incol 60: modelo iC60N curva C, calibre 10[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

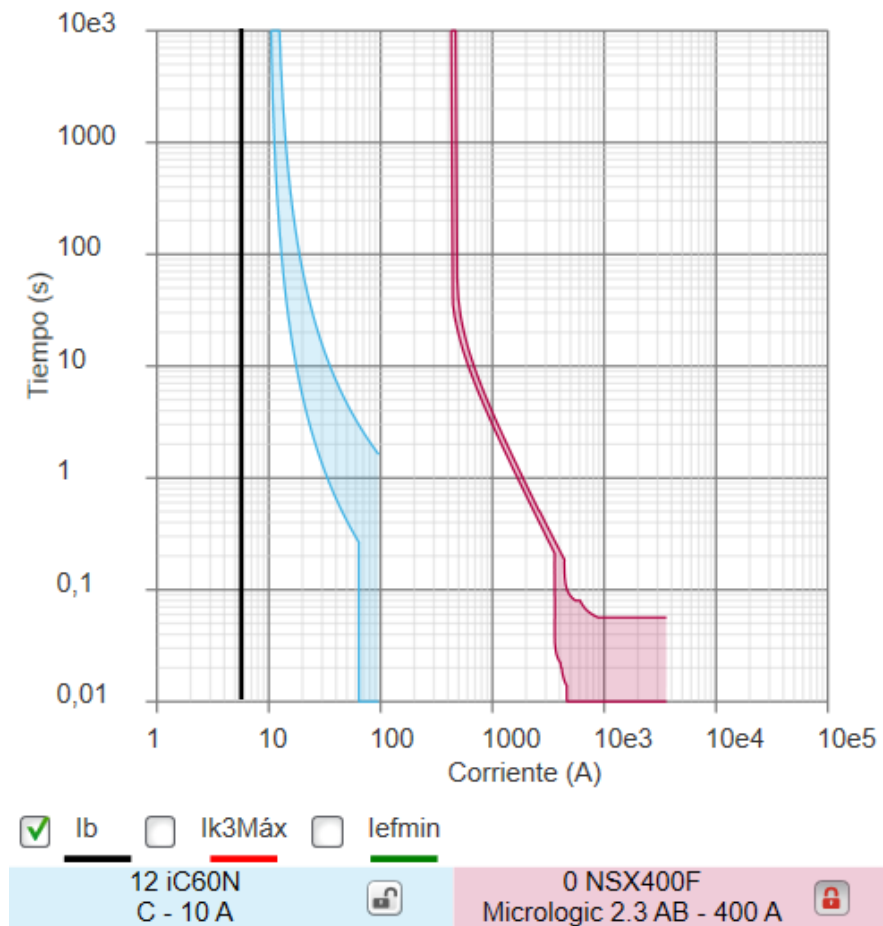


Imagen 132 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Caldera

Selectividad total.

- Protección Sistema de Ósmosis Inversa: modelo iC60N curva C, calibre 16[A] y de 2 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

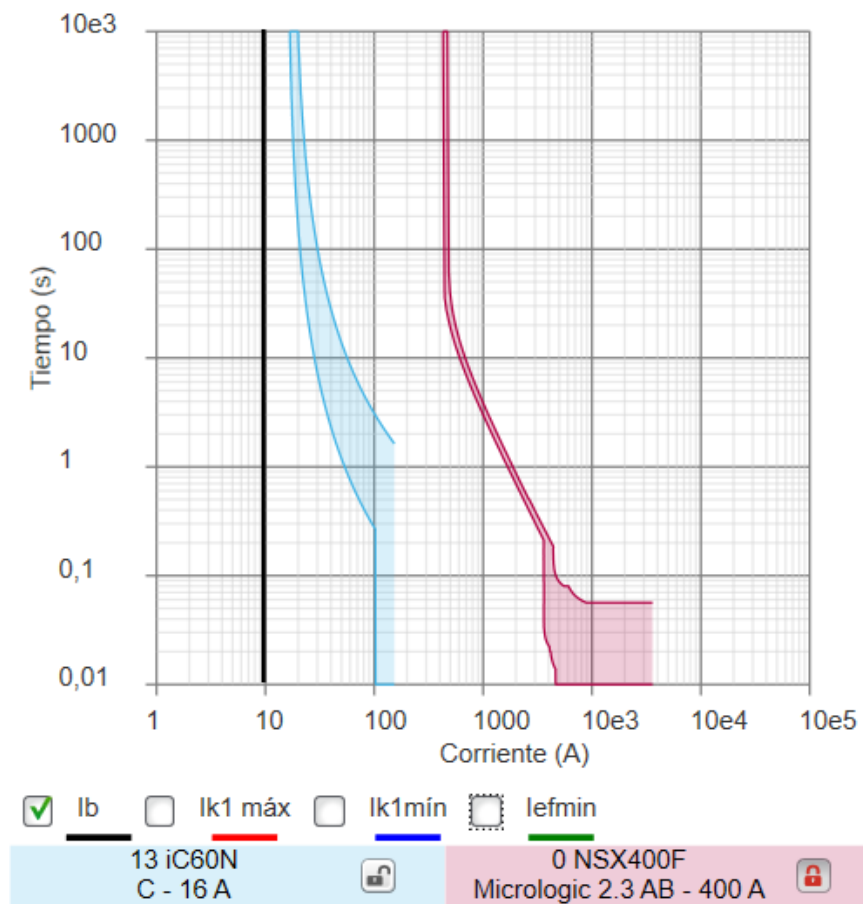


Imagen 133 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Sist. Ósmosis Inversa

Selectividad total.

- Protección Compresor de aire KAESER: modelo iC60N curva C, calibre 20[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

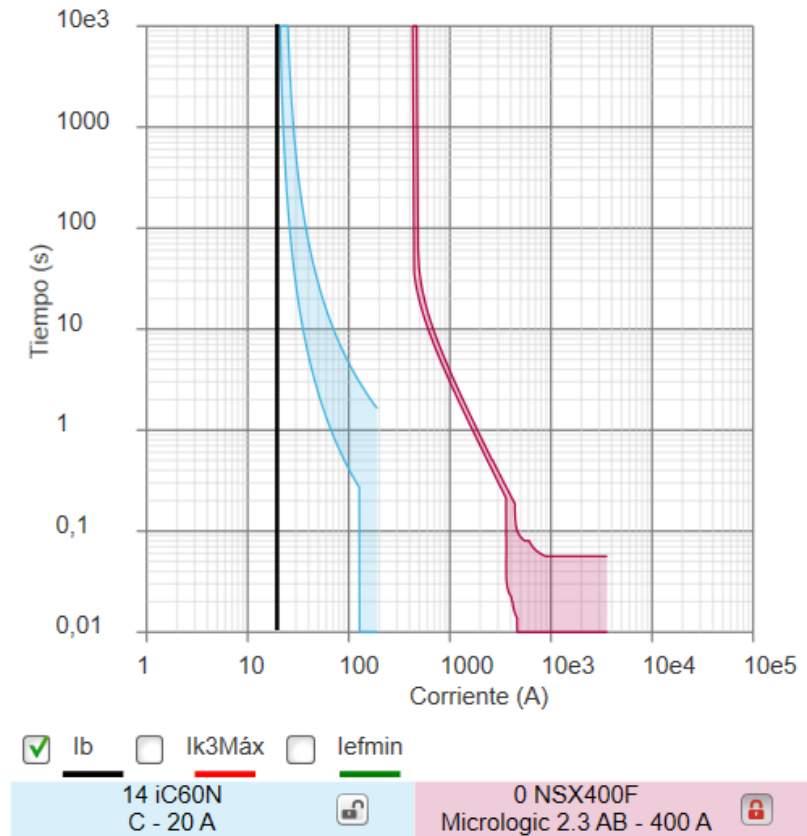


Imagen 134 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Compresor

Selectividad total.

En sexta fila:

- Protección Corrección de Factor de potencia: modelo ComPacT

NSXm160E, calibre 160[A] y de 3 polos. Poder de corte 16[kA].

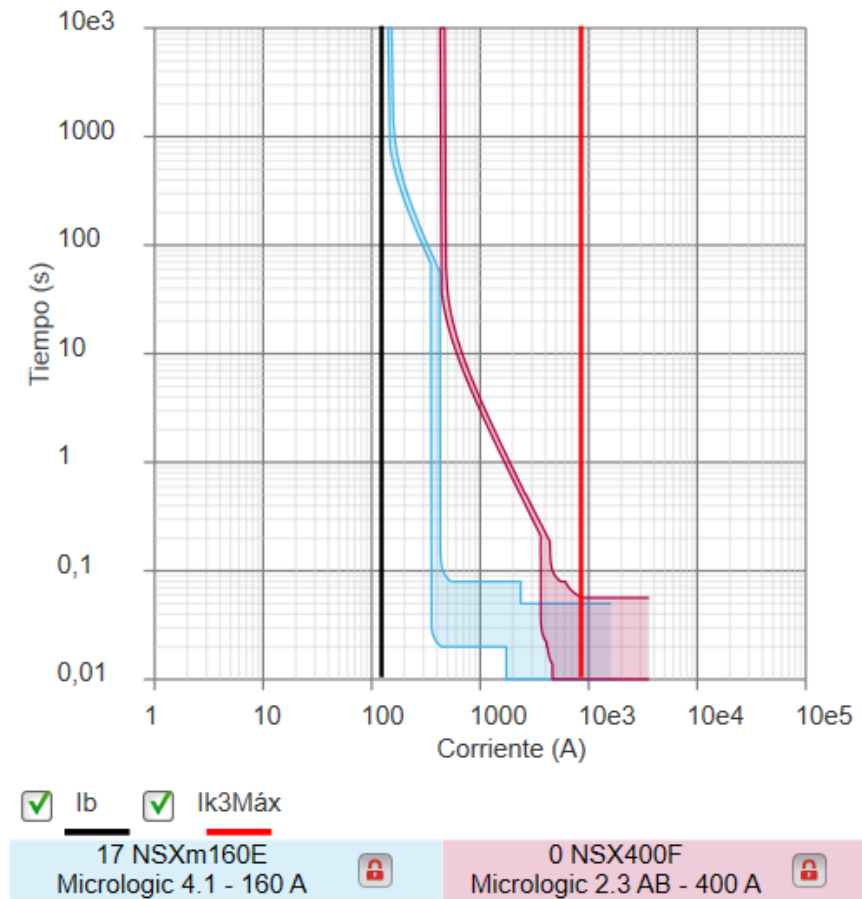


Imagen 135 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Corrección FP

Selectividad total.

- Protección Planta de tratamiento de efluentes: modelo iC60N curva C, calibre 16[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

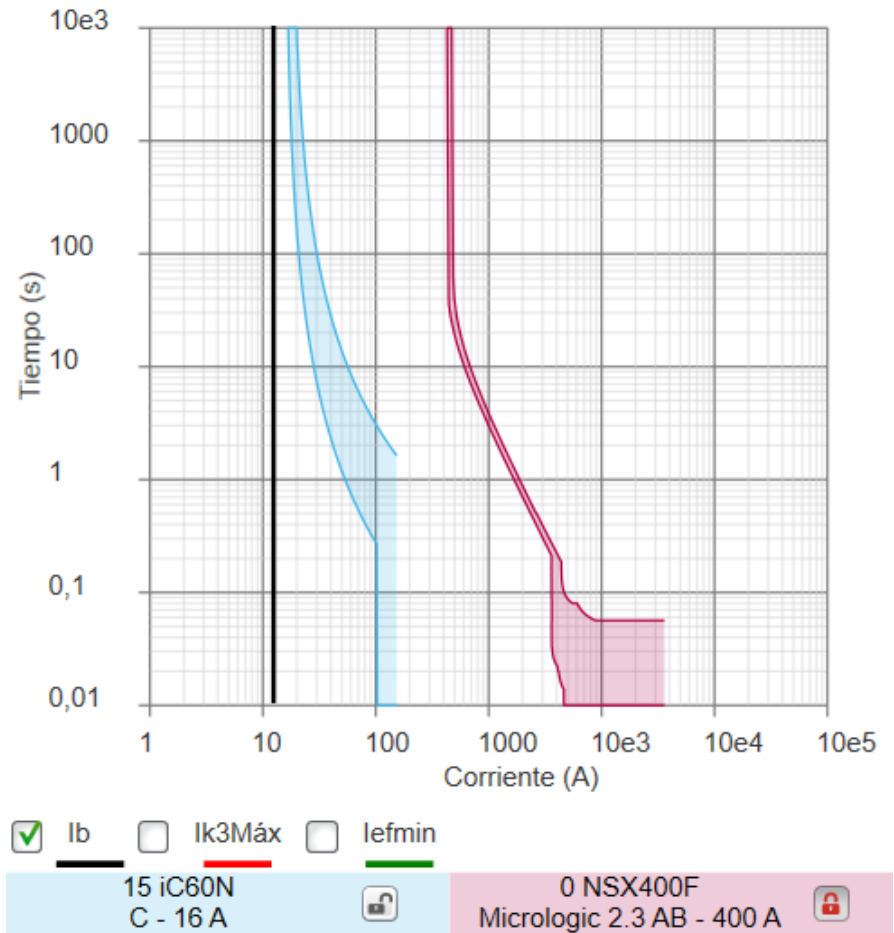


Imagen 136 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Planta Tratamiento Efluentes

Selectividad total.

- Protección Lavadora de Contenedores: modelo iC60N curva C, calibre 50[A] y de 4 polos, con protección diferencial agregada Vigi iC60 sensibilidad 300[mA]. Poder de corte 10[kA].

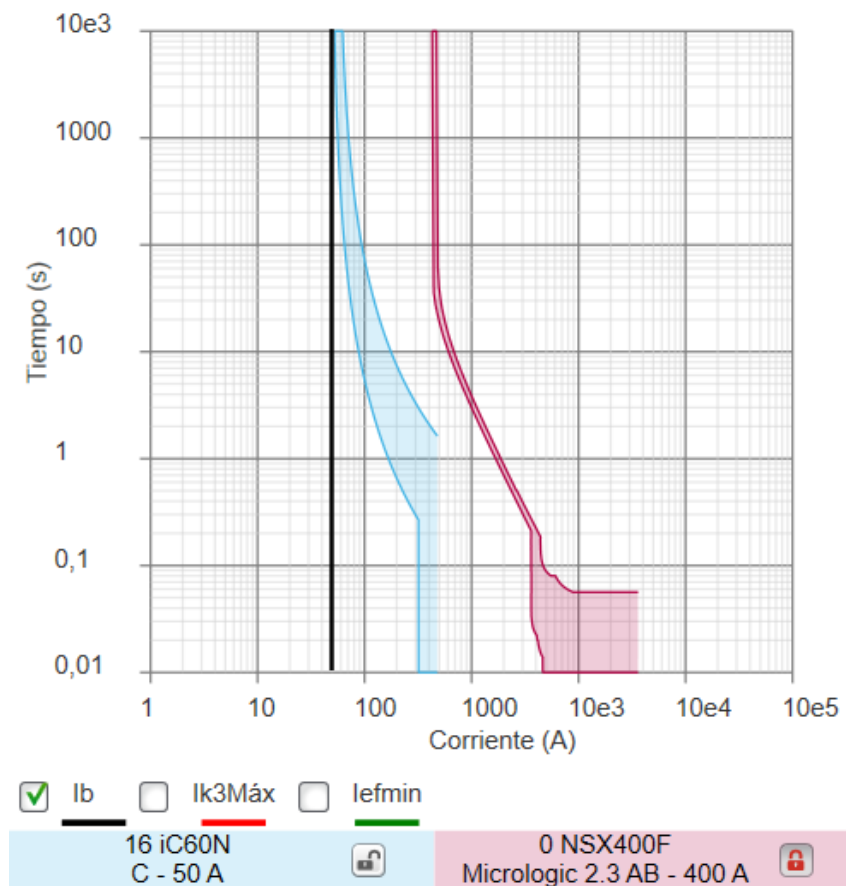


Imagen 137 Curvas de disparo - Selectividad entre Protección General y Protección Lavadora de contenedores

Selectividad total.

Se deja espacio en la parte inferior del tablero para instalar el equipo de control y relés de la corrección del factor de potencia, que este software no deja agregar. El banco de capacitores esta inmediatamente por debajo del tablero principal.

Tanto los elementos del tablero principal como de los tableros seccionales se encuentran en el cómputo de materiales de este proyecto, así como en el plano del diagrama unifilar de la instalación.

2.12.9.2 Tablero Seccional 1 Iluminación

El tablero seccional 1 corresponde a la iluminación de toda la planta industrial. En él, se encuentran las protecciones termomagnéticas necesarias para el comando y corte de suministro eléctrico para las luminarias en caso de sobrecarga o cortocircuito.

A continuación, se muestran las protecciones seleccionadas y como quedaría conformado el tablero seccional mencionado.



Imagen 138 Protecciones TS1

En cuanto al tablero seleccionado, se adopta un tablero marca SCHNEIDER ELECTRIC modelo “Kaedra” de 1 fila y 12 módulos.

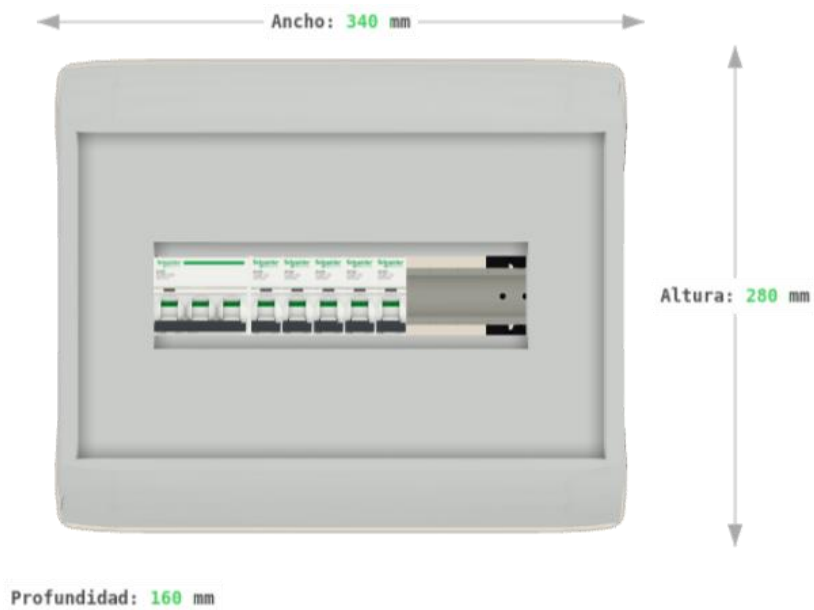


Imagen 139 Modelo Tablero Seccional 1

Se observa la selectividad de cada una de estas protecciones con la protección diferencial aguas arriba ubicada en el tablero principal.

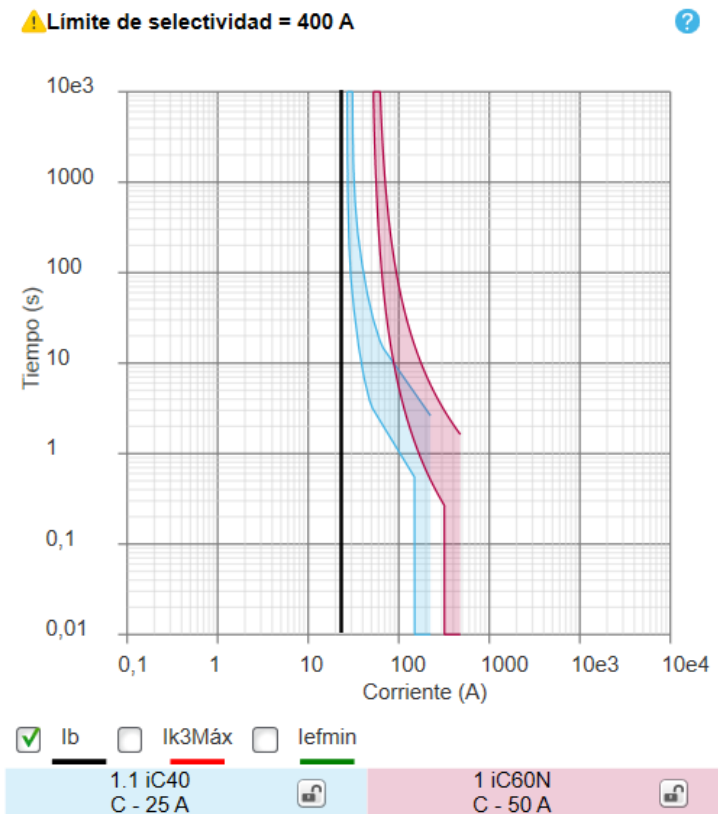


Imagen 140 Curvas de disparo - Selectividad carga 1.1

De acuerdo con las gráficas anteriores de las protecciones, hasta los 25 [A] de consumo eléctrico no existe disparo alguno. Pasado este valor de corriente, la termomagnética de aguas abajo dispara por sobrecarga hasta los 150 [A] aproximadamente. Luego de este valor, si la corriente requerida sigue aumentando, dispara por cortocircuito.

Como se puede observar, existe una superposición en la zona de actuación de los dispositivos de aguas abajo y el que habilita el tablero seccional. En esta situación, puede que dispare por sobrecarga alguno de los dos dispositivos y al ser estos de bajo calibre, no existe la posibilidad de regular sus parámetros para modificar o desplazar las curvas. Que se presente esta superposición, indica que en este ramal existe una selectividad parcial.

En el caso de que la corriente demandada siga creciendo, es la protección de menor calibre la que dispara por cortocircuito al ser la que primera se encuentre con este incremento del consumo. Si por algún motivo, ésta no llega a activarse, el respaldo de la siguiente protección aguas arriba disparará.

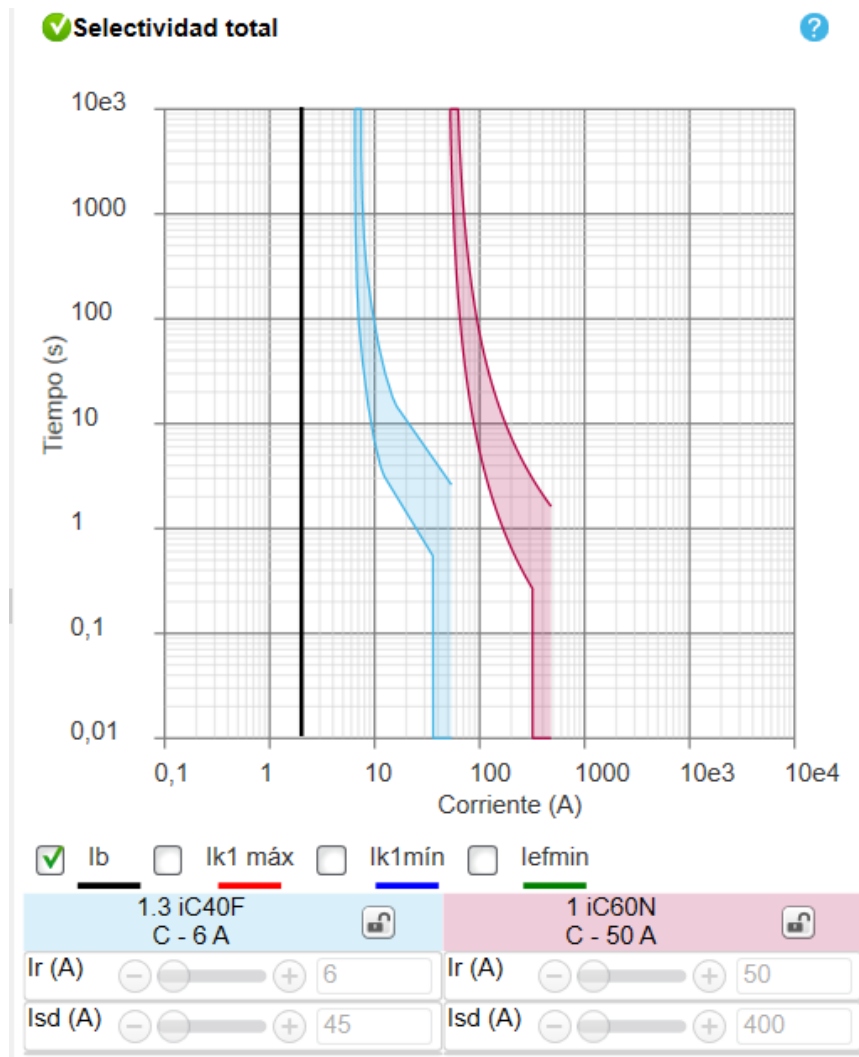


Imagen 141 Curvas de disparo - Selectividad carga 1.3

Para el resto de las protecciones dentro de este tablero seccional, que tienen curvas muy similares ya que sus calibres son similares y el modelo de protección es el mismo, se tiene selectividad total con la protección del tablero seccional aguas arriba.

2.12.9.3 Tablero Seccional 2

El tablero seccional 2 que corresponde al comando de la instalación eléctrica del sector de las oficina. A continuación, se muestran estos equipos de protección y su tablero corresponde al mismo tipo y marca que el tablero seccional 1.

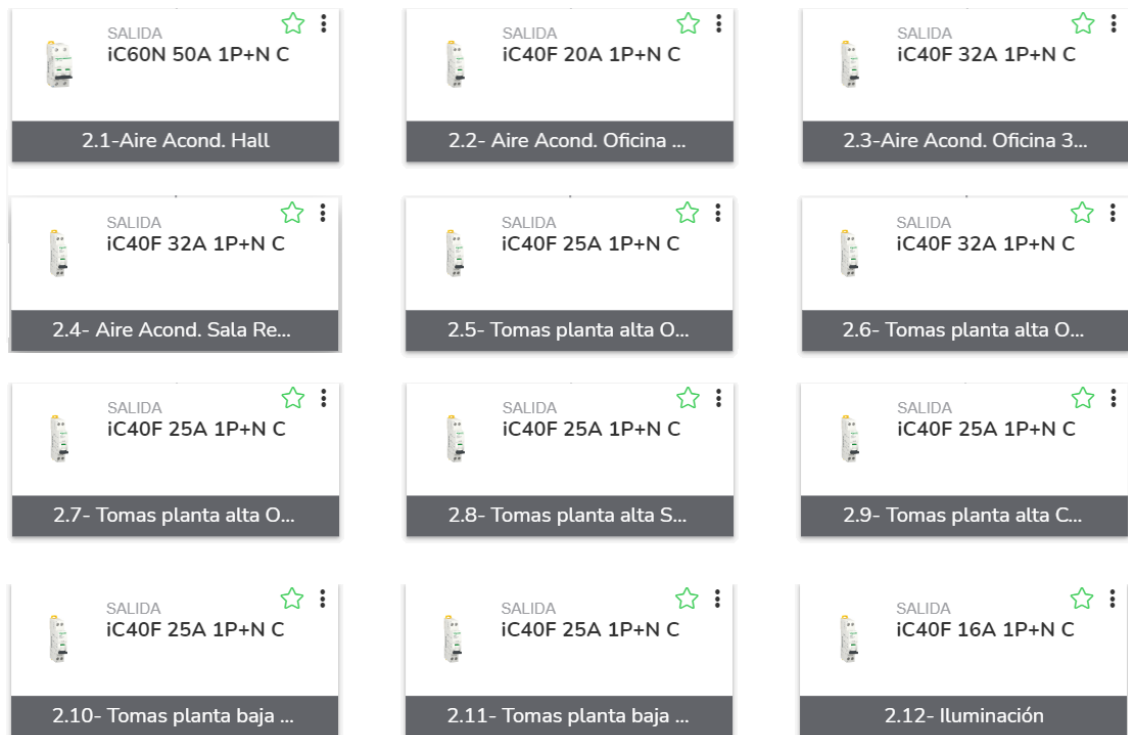


Imagen 142 Protecciones TS2

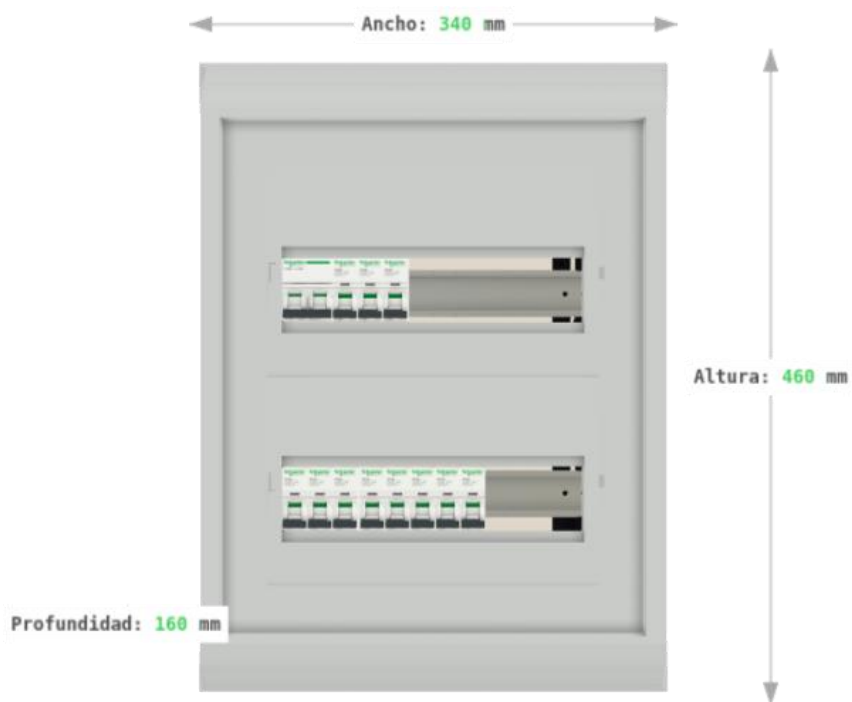


Imagen 143 Modelo Tablero Seccional 2

Siguiendo con el mismo esquema para la determinación de la selectividad que en el tablero anterior, se muestran las gráficas de las protecciones.

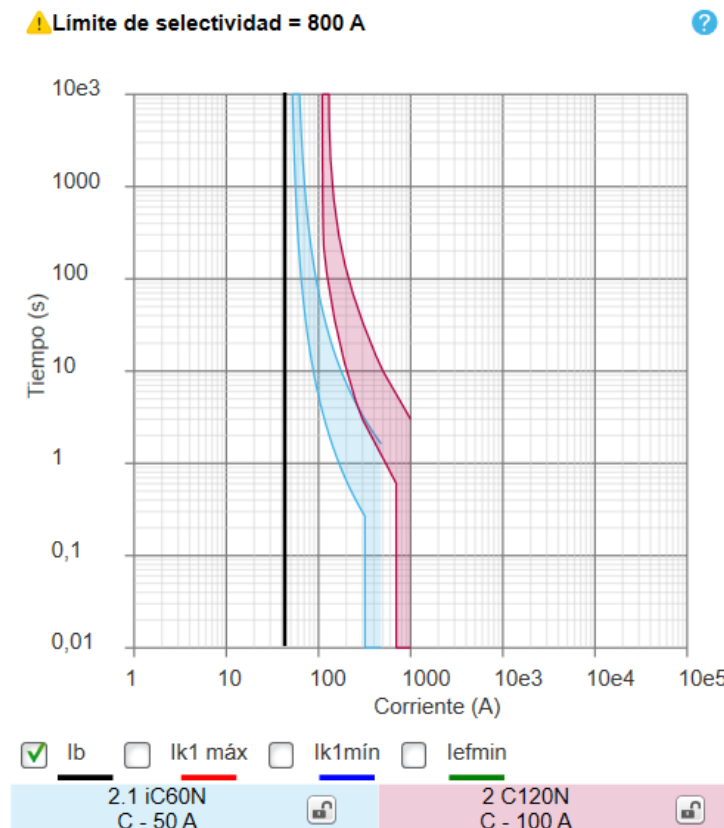


Imagen 144 Curvas de disparo - Selectividad carga 2.1

En el caso de la imagen anterior se puede observar la selectividad parcial entregada por los equipos seleccionados. Sin embargo, las curvas llegan a solaparse en una pequeña área de la gráfica. El software indica que a partir de una corriente de 800[A] deja de haber selectividad entre ambas protecciones.

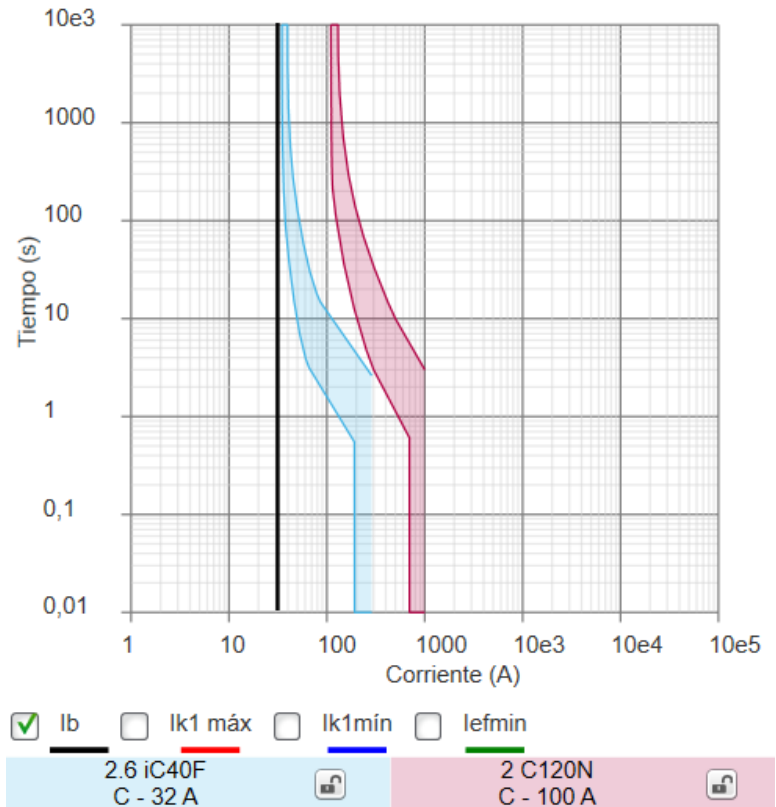


Imagen 145 Curvas de disparo - Selectividad carga 2.6

Para el resto de las protecciones de este tablero seccional, se obtiene selectividad total con la protección aguas arriba. Se muestra sólo la de la carga 2.6 (conjunto de varias tomas monofásicas) ya que es la de mayor calibre.

2.12.9.4 Tablero Seccional 3

El tablero seccional 3 corresponde al tablero del Pañol de la planta. El mismo es monofásico y cuenta con dos cargas principales: un aire acondicionado y varias tomas.



Imagen 146 Protecciones TS3

Con respecto al tablero eléctrico, se sigue optando por el mismo modelo y marca que los tableros seccionales anteriores.

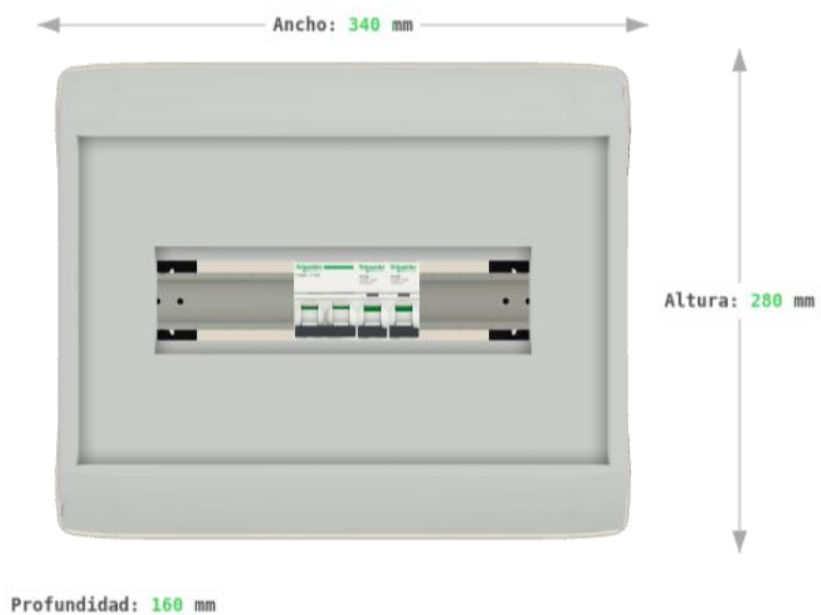


Imagen 147 Modelo Tablero Seccional 3

⚠ Limite de selectividad = 400 A

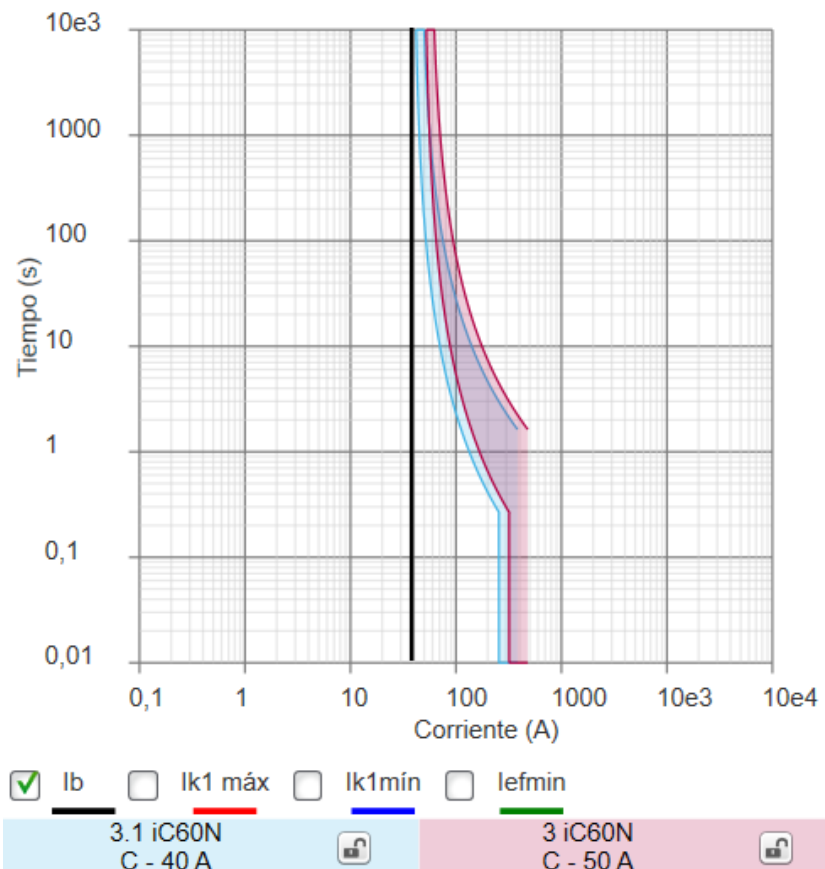


Imagen 148 Curvas de disparo - Selectividad carga 3.1

Al existir una diferencia de calibre muy baja entre los distintos dispositivos de protección aguas abajo, se presenta la superposición de las curvas de disparo, lo que indica una selectividad parcial.

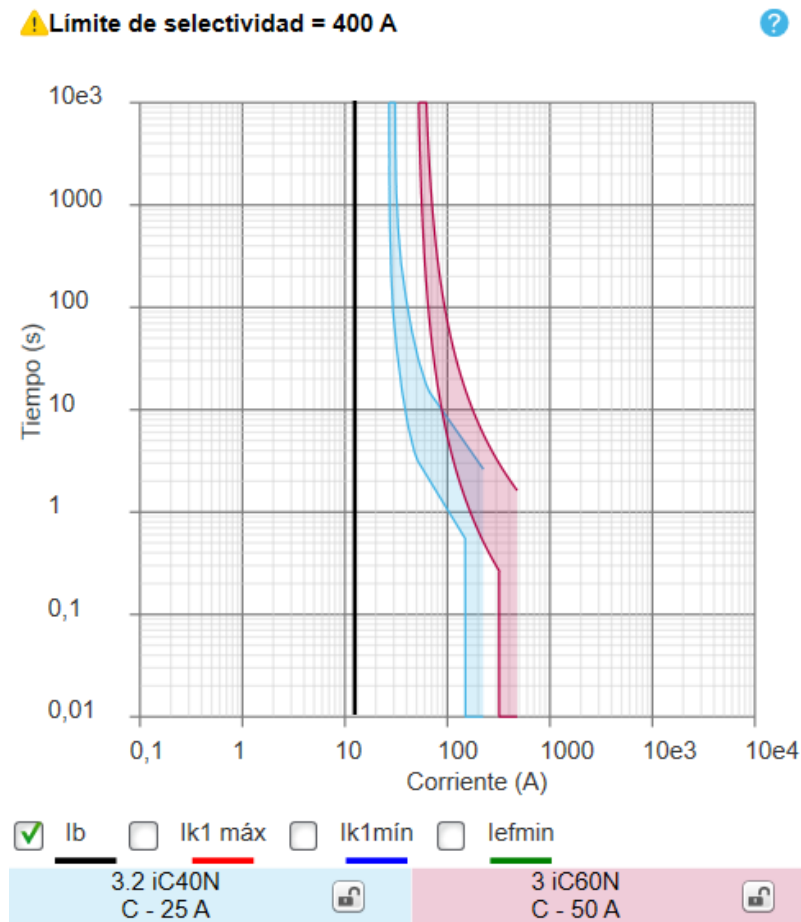


Imagen 149 Curvas de disparo - Selectividad carga 3.2

Nuevamente, al ser equipos de bajas corrientes no existe la posibilidad de regulación de sus parámetros, lo que hace que el sistema sea poco flexible. De todos modos, el objetivo de sectorizar la falla en caso de que ocurra algún desperfecto se encuentra presenta de forma parcial.

2.12.9.5 Tablero Seccional 4

Este tablero seccional contiene las protecciones de los equipos de frio de la cámara frigorífica. Estos resultan ser cuatro equipos iguales por lo que sólo se mostrará una gráfica de selectividad.



Imagen 150 Protecciones TS4

El tablero resulta del mismo modelo que los anteriores, pero de 2 filas dejando lugar para los elementos de automatización de los equipos, a instalar por la empresa que monte la cámara en la planta.



Imagen 151 Modelo Tablero Seccional 4

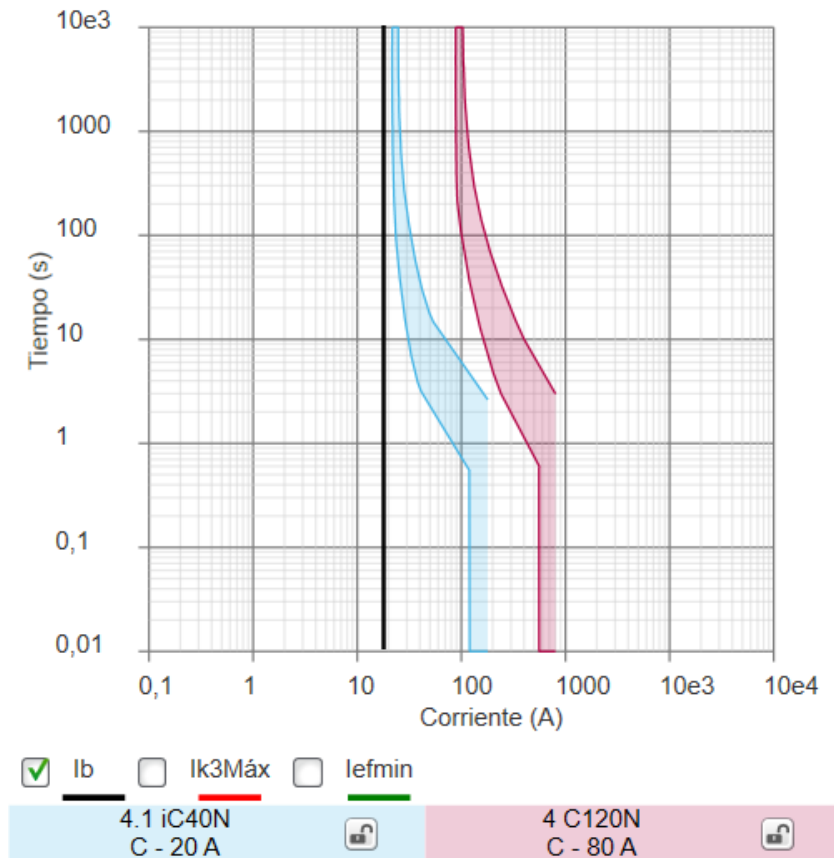


Imagen 152 Curvas de disparo - Selectividad carga 4.1

Selectividad total.

2.12.9.6 Tablero Seccional 5 y 6

El tablero seccional 5 está ubicado en el área de limpieza de vehículos, mientras que el tablero seccional 6 corresponde al tablero ubicado en el taller mecánico. Resultan ser dos tableros iguales, con la diferencia de la protección diferencial aguas arriba, que en el caso del tablero seccional 5 es de sensibilidad 300 [mA] y en el tablero seccional 6 de 30[mA].

Esto no influye en las gráficas ni en la forma de los tableros, por lo que se muestran sólo lo correspondiente al tablero seccional n°5. Ambos están compuestos por varias tomas monofásicas y una toma trifásica.

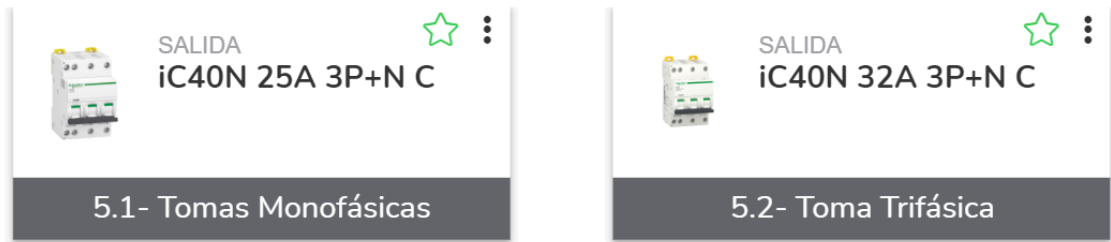


Imagen 153 Protecciones TS5 y 6

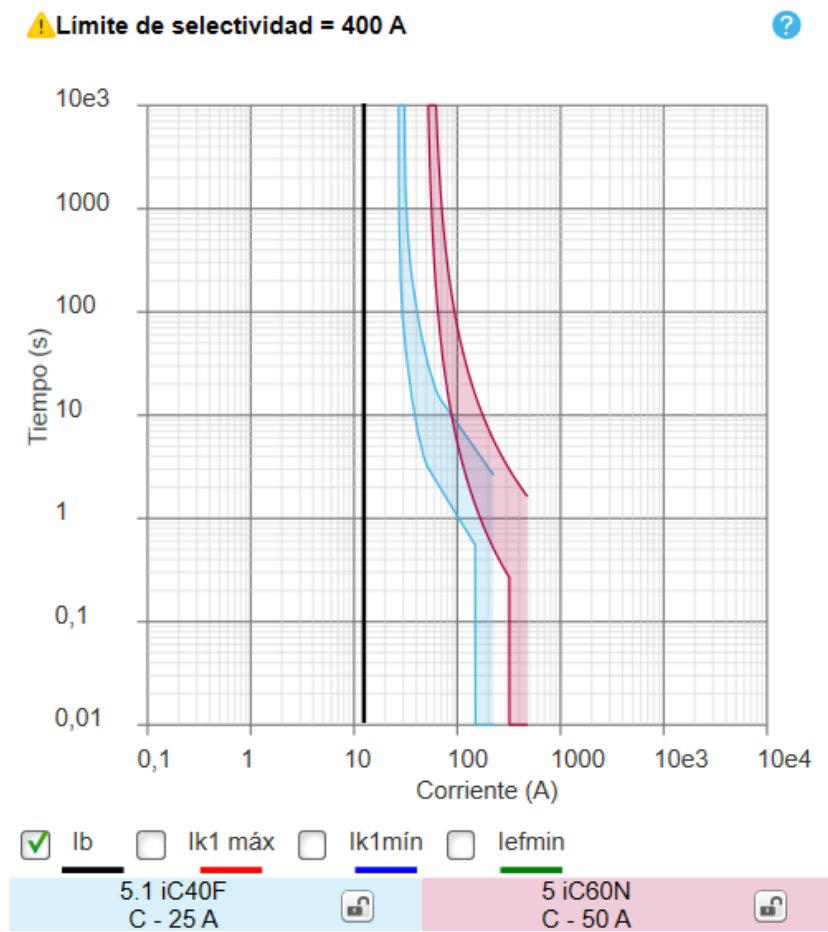


Imagen 154 Curvas de disparo - Selectividad carga 5.1

⚠ Límite de selectividad = 400 A

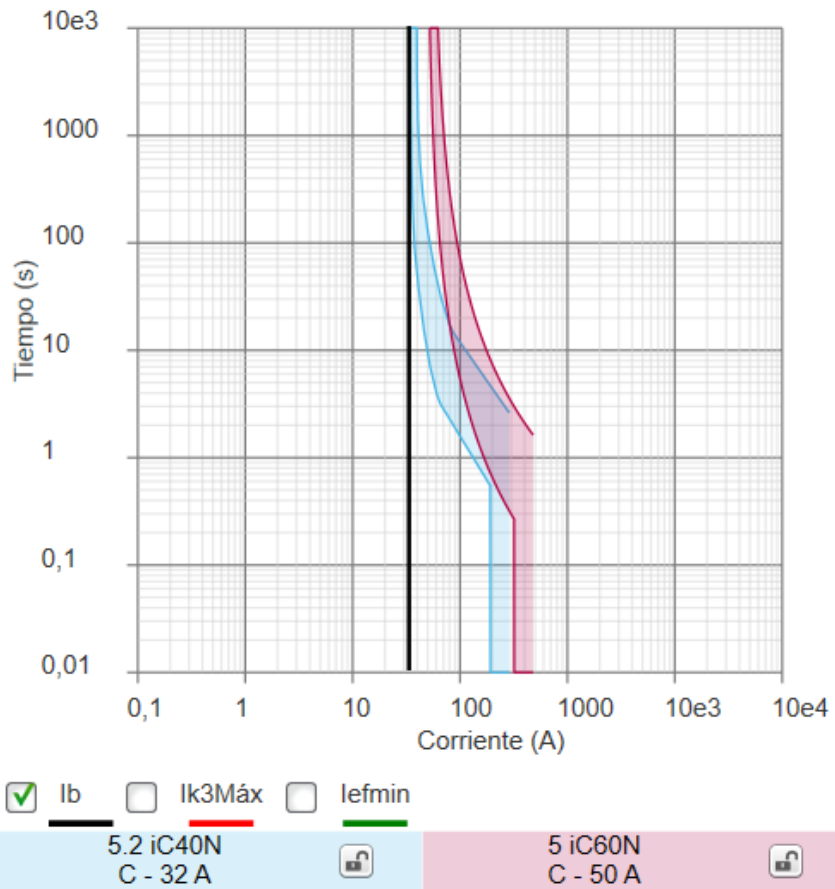


Imagen 155 Curvas de disparo - Selectividad carga 5.2

En ambos equipos se tiene selectividad parcial, debido a la poca diferencia de calibres entre protecciones. De todos modos, el objetivo de sectorizar la falla en caso de que ocurra algún desperfecto se encuentra presenta de forma parcial.

2.12.9.7 Tablero Seccional 7

El tablero seccional 7 es comando y protección de las bombas de la instalación de agua. Por esto contiene dos guardamotores para cada par de bombas correspondiente.

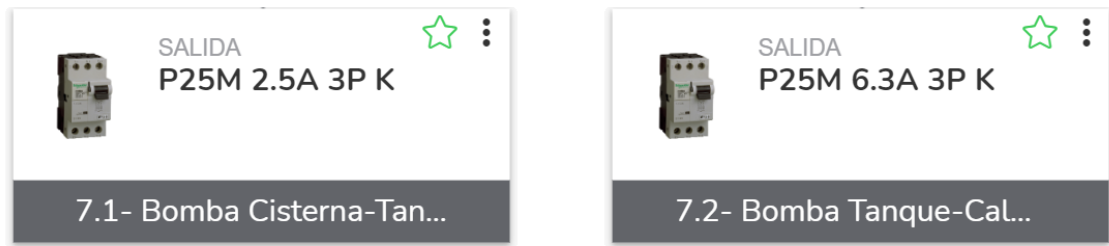


Imagen 156 Protecciones TS7

En cuanto a la envolvente seleccionada, se adopta un tablero marca SCHNEIDER ELECTRIC modelo “Resi9 MP” de 2 fila y 24 módulos. Dejando lugar disponible para la instalación de los equipos de automatización y control de las bombas.



Imagen 157 Modelo Tablero Seccional 7

⚠ **Límite de selectividad = 120 A**

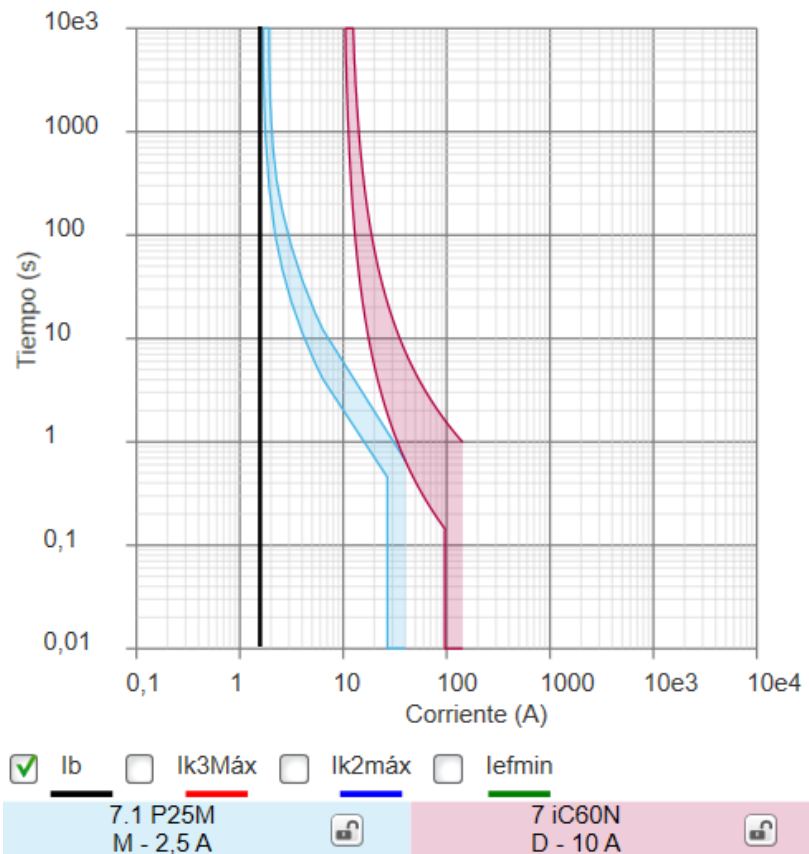


Imagen 158 Curvas de disparo - Selectividad carga 7.1

Se observa que para el caso de las bombas entre el tanque cisterna y el tanque superior de agua potable, las curvas de las protecciones se tocan en un punto, solapándose y provocando selectividad parcial.

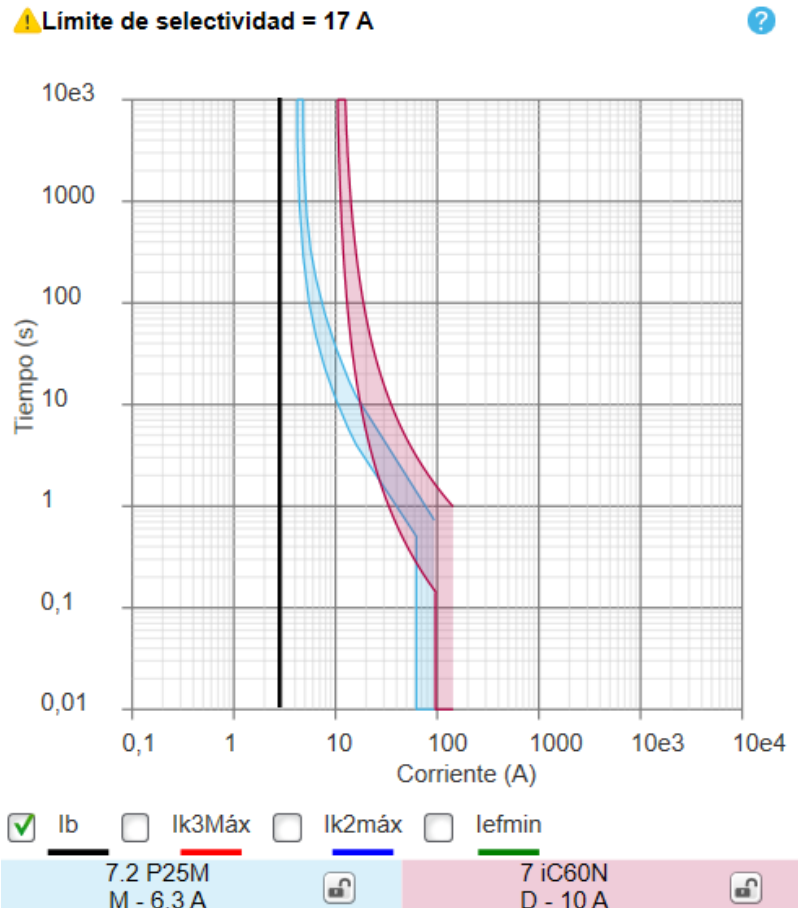


Imagen 159 Curvas de disparo - Selectividad carga 7.2

Para la bomba de alimentación a la caldera, al no haber tanta diferencia en los calibres de ambas protecciones, es notoria la superposición de las curvas y la selectividad parcial en este caso. El software indica que a partir de los 17 [A] de consumo podría accionarse cualquiera de las dos protecciones. Sin embargo, este sería un consumo sumamente elevado para esta bomba en particular, a menos que presente una falla.

2.13 Análisis económico financiero

En este capítulo se muestran los costos de inversión inicial para cada apartado del proyecto, con las tablas resumen que detallan los montos totales, tanto en pesos como en dólares al valor oficial vendedor billete del Banco de la Nación Argentina a 24 días del mes de noviembre del año 2023 (1 Dólar U.S.A. = 373 Pesos Argentinos).

Posteriormente, se indican los distintos costos que involucran la operación de la planta, obteniendo así los egresos totales.

Se analizan los ingresos totales tomando de referencia el valor actual de este servicio que cobra la competencia a grandes generadores.

Finalmente, se realiza el flujo de caja con los egresos e ingresos, y el posterior análisis financiero.

Todo detallado del cómputo de materiales, con costo individual de cada ítem, se muestra en el anexo A de este proyecto.

2.13.1 Inversión inicial

2.13.1.1 Equipos puntuales

Se muestra a continuación, la tabla resumen en la que se detallan los equipos y el costo de cada uno. Aquellos equipos que no aparezcan en este apartado se mostrarán posteriormente en los siguientes capítulo, como puede ser el caso de la Cámara Frigorífica que tiene una tabla aparte.

Nombre Equipo	Marca / Empresa	Cantidad	Unidad	Costo [USD]	Costo [\$]
Horno Piroclítico PY- 125	INCOL S.A.	1	Unidad	\$ 162.400,00	\$ 60.575.200,00
Autoclave SAU-480	INCOL S.A.	1	Unidad	\$ 178.700,00	\$ 66.655.100,00
Caldera INCOL 60	INCOL S.A.	1	Unidad	\$ 83.950,00	\$ 31.313.350,00
Compactadora Enfardadora EHA-RSU 6060 con elevador de carros	ABECOM S.A.	1	Unidad	\$ 101.250,00	\$ 37.766.250,00
Lavadora de contenedores LAV-GM3 E	SIMES S.A.	1	Unidad	\$ 78.800,00	\$ 29.392.400,00
Compresor AIRCENTER 22 SFC	KAESER	1	Unidad	\$ 23.732,17	\$ 8.852.099,41
Sistema de Ósmosis Inversa OI-1000, FM16X65, FCA16X65	ULTRAPURA	1	Unidad	\$ 12.600,00	\$ 4.699.800,00
Grupo electrógeno 100KVA + Instalación y Tablero de Transferencia	KOHLER	1	Unidad	\$ 37.625,00	\$ 14.034.125,00
Planta Tratamiento de Efluentes	CONTROL ANALÍTICO S.R.L.	1	Unidad	\$ 170.000,00	\$ 63.410.000,00

Tabla 109 Costo Equipos Puntuales

Total Equipos Puntuales			
		USD	PESOS
		\$ 849.057,17	\$ 316.698.324,41
Mano de obra	0%	\$ -	\$ -
Total		\$ 849.057,17	\$ 316.698.324,41
Total + IVA		\$ 938.208,17	\$ 349.951.648,47

Tabla 110 Inversión en Equipos Puntuales

2.13.1.2 Obra civil

Para el caso de la obra civil, se toma la nave industrial del diseño de layout mostrado con anterioridad. El mismo contiene una parte edificada, que tiene dos plantas en las cuales se ubican las oficinas y los vestidores. El resto está compuesto por un galpón en el que se ubican las máquinas y donde se operarán los productos. Luego, dentro del predio asignado para la planta, están las calles de circulación y también el taller mecánico que actúa como estacionamiento para la flota interna de la planta.

Se obtiene el valor de costos de construcción por metro cuadrado de la revista Cifras, en su edición del mes de noviembre. (Cifras, 2023).



Imagen 160 Revista Cifras - Costo por Metro Cuadrado

A estos valores, se les resta el porcentaje del costo de la instalación eléctrica e instalación sanitaria que vienen incluidos, ya que fueron determinados por este proyecto.

Obra civil	Superficie [m ²]	Costo por metro cuadrado	Costo Total [\$]	Costo Total [USD]
Nave industrial	1076,27	\$ 288.556,34	\$ 310.564.532,78	\$ 832.612,69
Oficinas	167,8	\$ 498.355,11	\$ 83.623.988,17	\$ 224.193,00
Predio	6394,75		\$ -	\$ -
Predio sin edificación (calles)	5150,68	\$ 10.648,09	\$ 54.844.890,40	\$ 147.037,24

Tabla 111 Costo Obra Civil

Total Obra Civil			
		USD	PESOS
		\$ 1.203.842,93	\$ 449.033.411,35
Mano de obra	0%	\$ -	\$ -
Total		\$ 1.203.842,93	\$ 449.033.411,35
Total + IVA		\$ 1.330.246,43	\$ 496.181.919,54

Tabla 112 Inversión Obra Civil

2.13.1.3 Terreno

Del Lay-Out de la planta se puede aproximar al terreno necesario para la instalación de la planta, que ronda los 10000 metros cuadrados o 1 hectárea

El costo del terreno es de \$0, ya que se considera como cedido por el Municipio.

2.13.1.4 Instalación de Vapor

El detalle de los componentes de esta instalación, como de las siguientes, se muestra en el Anexo.

Total Instalación Vapor			
		USD	PESOS
		\$ 4.053,27	\$ 1.511.869,71
Mano de obra	20%	\$ 810,65	\$ 302.373,94
Total		\$ 4.863,92	\$ 1.814.243,65
Total + IVA		\$ 5.374,64	\$ 2.004.739,24

Tabla 113 Inversión Instalación de Vapor

2.13.1.5 Instalación de aire comprimido

Total Instalación Aire Comprimido			
		USD	PESOS
		\$ 1.976,04	\$ 737.062,92
Mano de obra	20%	\$ 395,21	\$ 147.412,58
Total		\$ 2.371,25	\$ 884.475,50
Total + IVA		\$ 2.620,23	\$ 977.345,43

Tabla 114 Inversión Instalación Aire Comprimido

2.13.1.6 Instalación de agua

Total Instalación Agua			
		USD	PESOS
		\$ 22.923,56	\$ 8.550.488,33
Mano de obra	10%	\$ 2.292,36	\$ 855.048,83
Total		\$ 25.215,92	\$ 9.405.537,16
Total + IVA		\$ 27.863,59	\$ 10.393.118,57

Tabla 115 Inversión Instalación de Agua

2.13.1.7 Instalación Eléctrica

Total Instalación Eléctrica			
		USD	PESOS
		\$ 85.521,66	\$ 31.899.580,10
Mano de obra	10%	\$ 8.552,17	\$ 3.189.958,01
Total		\$ 94.073,83	\$ 35.089.538,11
Total + IVA		\$ 103.951,58	\$ 38.773.939,61

Tabla 116 Inversión Instalación Eléctrica

2.13.1.8 Cámara Frigorífica

Total Cámara Frigorífica			
		USD	PESOS
		\$ 84.258,17	\$ 31.428.298,90
Mano de obra	0%	\$ -	\$ -
Total		\$ 84.258,17	\$ 31.428.298,90
Total + IVA		\$ 93.105,28	\$ 34.728.270,29

Tabla 117 Inversión Cámara Frigorífica

2.13.1.9 Ventilación

Total Ventilación			
		USD	PESOS
		\$ 5.396,09	\$ 2.012.741,57
Mano de obra	0%	\$ -	\$ -
Total		\$ 5.396,09	\$ 2.012.741,57
Total + IVA		\$ 5.962,68	\$ 2.224.079,43

Tabla 118 Inversión Ventilación

2.13.1.10 Manipulación de Fardos

Total Manipulación Fardos			
		USD	PESOS
		\$ 8.022,49	\$ 2.992.390,27
Mano de obra	0%	\$ -	\$ -
Total		\$ 8.022,49	\$ 2.992.390,27
Total + IVA		\$ 8.864,86	\$ 3.306.591,25

Tabla 119 Inversión Manipulación de Fardos

2.13.1.11 Transporte – Parque Móvil

Total Transporte - Parque Móvil			
		USD	PESOS
		\$ 507.083,81	\$ 189.142.260,35
Mano de obra		\$ -	\$ -
Total		\$ 507.083,81	\$ 189.142.260,35
Total + IVA		\$ 560.327,61	\$ 209.002.197,69

Tabla 120 Inversión Transporte - Parque Móvil

2.13.2 Costos operativos

Definiremos como “costo operativo” a todo aquel costo necesario para la correcta operación de la planta. Esto incluye:

- Sueldos del personal de la planta.
- Insumos para repartir en los distintos generadores.
- Insumos para el mantenimiento general de la planta.
- Combustible y mantenimiento de los móviles.
- Insumos del personal de la planta.
- Servicios generales de la planta.

Cada uno de estos factores se toma por separado.

2.13.2.1 Compensaciones Salariales

Se toma primero la cuestión salarial, estimando la cantidad de empleados tomados por la empresa. Relacionamos sus compensaciones respecto al Salario Mínimo Vital y Móvil que ordena el Ministerio de Trabajo (\$156.000 por mes).

La cantidad de operarios, administrativos, gerentes y conductores se estiman de acuerdo con el tamaño de la planta y a los turnos de trabajos.

Area	Cantidad	SMVM	Sueldo Neto	Cargas sociales	Costo final de mano de obra	Costo total anual	Costo total anual [USD]
Administrativo	4	2.5	\$ 390.000,00	\$ 81.900,00	\$ 566.280,00	\$ 27.181.440,00	\$ 72.872,49
Operario	8	2.5	\$ 390.000,00	\$ 81.900,00	\$ 566.280,00	\$ 54.362.880,00	\$ 145.744,99
Gerente	3	4	\$ 624.000,00	\$ 131.040,00	\$ 906.048,00	\$ 32.617.728,00	\$ 87.446,99
Conductor	6	3	\$ 468.000,00	\$ 98.280,00	\$ 679.536,00	\$ 48.926.592,00	\$ 131.170,49
TOTAL	21					\$ 163.088.640,00	\$ 437.234,96

Tabla 121 Compensaciones Salariales

2.13.2.2 Costos de transporte y recolección

Para este caso, se estima el recorrido de cada vehículo, así como las horas de operación de cada máquina que utilice combustible Diesel (autoelevador y retroexcavadora).

El costo de cada litro de Diesel se toma del precio actual que tiene en una estación de servicio:

Costo	Cantidad Vehiculos	Consumo L/100km o L/h	Costo Combustible/L	Recorrido mensual	Recorrido Anual	Costo anual
Iveco Daily	2	20	\$ 450,00	4800	57600	\$ 10.368.000,00
Toyota Hilux	2	20	\$ 450,00	4800	57600	\$ 10.368.000,00
Autoelevador	1	3	\$ 450,00	96	1152	\$ 518.400,00

Tabla 122 Consumo de combustible Parque Móvil

Los vehículos necesitan mantenimiento y cambiar sus cubiertas eventualmente. Se estima el desgaste de cubiertas en un 30% del costo anual del combustible, mientras que mantenimiento representa un 66% de este.

Costos de transporte y recolección	%	Costo total anual [€]	Costo total anual [USD]
Vehiculos	100%	\$ 21.254.400,00	\$ 56.982,31
Desgaste Cubiertas	30%	\$ 6.376.320,00	\$ 17.094,69
Mantenimiento	66%	\$ 14.027.904,00	\$ 37.608,32
TOTAL		\$ 41.658.624,00	\$ 111.685,32

Tabla 123 Costos de transporte y Recolección

2.13.2.3 Costos servicios

Para el caso de la energía eléctrica, se toma la potencia requerida calculada en el capítulo de instalación eléctrica. A un precio del kWh a nivel industrial (Enersa) de \$21,22 (noviembre 2023).

Equipo	Calculada [kVA]	Contratada [kVA]	Horas / día	Costo total por mes	Costo total por año
Potencia Total Instalada [kW]	225,31			\$ -	\$ -
Potencia Total requerida [kW]	131,48	140	12	\$ 855.505,73	\$ 10.266.068,74
TOTAL				\$ 855.505,73	\$ 10.266.068,74

Tabla 124 Costo Energía Eléctrica

En el caso del gas natural, se toma la potencia calorífica de cada equipo y se estima el consumo de gas para la calefacción y cocina de las oficinas, a un costo por metro cúbico de gas natural de \$43,59. (Redengas, 2023)

Equipo	Potencia [kcal/h]	Consumo [m3/h]	Horas / día	Consumo de m3 por mes	Costo total por mes	Costo total por año
Caldera	300000	29,41	8	5647,06	\$ 287.181,18	\$ 3.446.174,12
Horno Piro lítico	600000	58,82	4	5647,06	\$ 287.181,18	\$ 3.446.174,12
Oficinas	4500	0,44	10	105,88	\$ 5.384,65	\$ 64.615,76
TOTAL		88,68		11400,00	\$ 579.747,00	\$ 6.956.964,00

Tabla 125 Costo Gas Natural

Como el consumo de agua se paga tarifa fija por metro cuadro, se estima en un porcentaje de la suma de los costos de las dos instalaciones antes descritas. Se toma el mismo criterio con el apartado de imprevistos en cuanto a los servicios contratados.

Costos Servicios	%	Costo total anual
Energía Eléctrica	100%	\$ 10.266.068,74
Gas	100%	\$ 6.956.964,00
Agua	20%	\$ 3.444.606,55
Otros	20%	\$ 3.444.606,55
TOTAL		\$ 24.112.245,83

Tabla 126 Costo Servicios

2.13.2.4 Costos insumos

Se toman los principales insumos utilizados en el transporte y recolección de residuos, así como un incremento por los imprevistos que puedan ocurrir.

Insumos	Cantidad por día	Costo unitario [\$]	Costo unitario [USD]	Costo total diario [\$]	Costo total mensual [\$]	Costo total anual [\$]
Bolsas rojas 100 micrones	663	\$ 247,50	\$ 0,66	\$ 164.200,82	\$ 3.940.819,72	\$ 47.289.836,65
Bolsas amarillas 100 micrones	66	\$ 247,50	\$ 0,66	\$ 16.420,08	\$ 394.081,97	\$ 4.728.983,67
Precintos	730	\$ 17,04	\$ 0,05	\$ 12.435,11	\$ 298.442,66	\$ 3.581.311,87
Descartadores rígidos	45	\$ 1.680,00	\$ 4,50	\$ 75.600,00	\$ 1.814.400,00	\$ 21.772.800,00

Tabla 127 Insumos Transporte y Recolección

Costos anuales de insumos	%	Costo total anual [\$]	Costo total anual [USD]	Costo total anual + IVA[\$]	Costo total anual +IVA [USD]
Entrega a generadores	100%	\$ 77.372.932,19	\$ 207.434,13	\$ 85.497.090,07	\$ 229.214,72
Imprevistos	10%	\$ 7.737.293,22	\$ 20.743,41	\$ 8.549.709,01	\$ 22.921,47
TOTAL		\$ 85.110.225,41	\$ 228.177,55	\$ 94.046.799,08	\$ 252.136,19

Tabla 128 Costo Insumos

2.13.2.5 Costos Disposición Final

La disposición final se realiza en las instalaciones del CEAMSE, y este ente trabaja sólo con empresas transportistas habilitadas. Se presupuesta la tarifa fija mensual de la empresa transportista Transportes Olivos SACIyF (TODSE) para el mes de diciembre de 2023.

Se presupuesta el alquiler de 2 cajas tipo Roll Off de 30 metros cúbicos, con 10 recambios mensuales (2 cambios por viaje), siendo un total de 5 viajes al mes (\$4.372.000), más un costo por viaje extra (\$ 37.050).

De acuerdo a las dimensiones de cada una de estas cajas y de los fardos de residuos tratados, se llegan a completar hasta 11 contenedores al mes.

Cantidad de fardos	36
Peso de fardos [kg]	250
Toneladas por caja llena	9

	Por día	Por Semana	Por mes	Por año
Cantidad de fardos	17	101	402	4825
Cantidad de Palets	4	25	101	1206
Cantidad de Cajas Roll off	0,5	3	11	134

Tabla 129 Cantidad de Cajas Roll Off Utilizadas

Se considera para este apartado, el costo fijo mensual de 10 contenedores, más el costo de 1 viaje cada 2 meses.

El costo de disposición final se determina por tonelada de residuo, para el mes de diciembre de 2023 tiene un valor de \$ 28.437,59.

Costos por disposición final	\$/tn	Costo total anual [\$]	Costo total anual [USD]	Costo total + IVA[\$]	Costo total anual + IVA[USD]
TRANSPORTE	\$ -	\$ 57.234.000,00	\$ 153.442,36	\$ 63.243.570,00	\$ 169.553,81
DISPOSICIÓN FINAL	\$ 28.437,59	\$ 40.787.914,44	\$ 109.350,98	\$ 45.070.645,45	\$ 120.832,83
EXTRA	10%	\$ 9.802.191,44	\$ 26.279,33	\$ 10.831.421,55	\$ 29.038,66
TOTAL		\$ 107.824.105,88	\$ 289.072,67	\$ 119.145.637,00	\$ 319.425,30

Tabla 130 Costos Disposición Final

2.13.3 Ingresos

Se obtiene el valor del precio por kg retirado que el generador paga a las dos empresas habilitadas en el territorio provincial. En base a este valor se estipula un precio por kg retirado y tratado con los siguientes valores:

Generador	Cantidad de Kg/día	Días laborables	Porcentaje en generación de	Precio por kg retirado
Pequeño	3930	365	3%	\$ 750,00
Grande	3930	365	97%	\$ 410,00

Tabla 131 Precio por kg retirado

Precio por kg retirado	INGRESO POR AÑO (100% de kg)	INGRESO POR AÑO [USD] (100% de kg)
\$ 750,00	\$ 29.449.564,51	\$ 78.953,26
\$ 410,00	\$ 571.962.161,63	\$ 1.533.410,62
TOTAL	\$ 601.411.726,15	\$ 1.612.363,88

Tabla 132 Ingresos totales máximos

Cabe mencionar que el precio de tratamiento debe ser igual para todos los generadores. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el precio de transporte. Es debido a esto que se toman dos tarifas diferenciadas, de acuerdo al tamaño del generador.

El porcentaje del total de residuos generados se toma del informe municipal de generadores (3% pequeños, 97% grandes).

2.13.4 Total de inversión

Inversión Inicial	Cantidad	Costo unitario(USD)	Costo unitario(\$)	Costo unitario +IVA (\$)	Costo total	Costo total (USD + IVA)	Porcentaje del total
Obra Civil	1	\$ 1.203.842,93	\$ 449.033.411,35	\$ 496.181.919,54	\$ 496.181.919,54	\$ 1.330.246,43	41,19%
Equipos puntuales	1	\$ 849.057,17	\$ 316.698.324,41	\$ 349.951.648,47	\$ 349.951.648,47	\$ 938.208,17	29,05%
Transporte y Parque Móvil	1	\$ 507.083,81	\$ 189.142.260,35	\$ 209.002.197,69	\$ 209.002.197,69	\$ 560.327,61	17,35%
Imprevistos	10%	\$ 120.384,29	\$ 44.903.341,13	\$ 49.618.191,95	\$ 49.618.191,95	\$ 133.024,64	4,12%
Instalación Eléctrica	1	\$ 94.073,83	\$ 35.089.538,11	\$ 38.773.939,61	\$ 38.773.939,61	\$ 103.951,58	3,22%
Cámara Frigorífica	1	\$ 84.258,17	\$ 31.428.298,90	\$ 34.728.270,29	\$ 34.728.270,29	\$ 93.105,28	2,88%
Instalación de Agua	1	\$ 25.215,92	\$ 9.405.537,16	\$ 10.393.118,57	\$ 10.393.118,57	\$ 27.863,59	0,86%
Instalación de Gas	1,5%	\$ 18.057,64	\$ 6.735.501,17	\$ 7.442.728,79	\$ 7.442.728,79	\$ 19.953,70	0,62%
Manipulación de Fardos	1	\$ 8.022,49	\$ 2.992.390,27	\$ 3.306.591,25	\$ 3.306.591,25	\$ 8.864,86	0,27%
Ventilación	1	\$ 5.396,09	\$ 2.012.741,57	\$ 2.224.079,43	\$ 2.224.079,43	\$ 5.962,68	0,18%
Instalación de Vapor	1	\$ 4.863,92	\$ 1.814.243,65	\$ 2.004.739,24	\$ 2.004.739,24	\$ 5.374,64	0,17%
Instalación de Aire Comprimido	1	\$ 2.371,25	\$ 884.475,50	\$ 977.345,43	\$ 977.345,43	\$ 2.620,23	0,08%

Tabla 133 Detallado Inversión Inicial

2.13.5 Flujo de caja

Se toma un tiempo de operación o vida útil de esta planta de 30 años.

Tanto ingresos como costos operativos comienzan en el periodo 1 en un valor igual al 60% del máximo antes mostrado, aumentando un 5% cada año que avanza, hasta llegar a un 95% en el caso de los ingresos y un 100% para los costos operativos. A partir de este punto y hasta el último periodo, los ingresos equivalen a un 95% del total posible en el área previamente adoptada.

No se considera la inflación.

Se consideran reinversiones periódicas, que se detallan a continuación:

- Adquisición de la mitad de los contenedores rojos de transporte de residuos cada 2 años: \$ 13.910.568,75.
- Renovación de la mitad de la flota de transporte (camioneta y VCL) cada 5 años, con sus cajas específicas: \$ 82.450.901,20.

- En el periodo 19 se reinvierte en los equipos principales de la planta, se considera el valor total de estos evaluando el peor escenario (que haya que reemplazar todas las máquinas y no puedan venderse por un monto menor):
\$ 349.951.648,47.

A continuación, se muestra tanto la tabla del flujo de caja por periodo como el acumulado, así como el gráfico que resulta de esta. En rojo se indica los flujos negativos de dinero (es decir, pérdida).

Periodo	Reinversiones	Costos Operativos	Egresos Totales	Ingresos	FLUJO DE CAJA NETO	ACUMULADO
0	\$ 1.204.604.770,27	\$ -	\$ 1.204.604.770,27	\$ -	-\$ 1.204.604.770,27	-\$ 1.204.604.770,27
1		\$ 265.231.167,54	\$ 265.231.167,54	\$ 360.847.035,69	\$ 95.615.868,14	-\$ 1.108.988.902,12
2	\$ 13.910.568,75	\$ 287.333.764,84	\$ 301.244.333,59	\$ 390.917.622,00	\$ 89.673.288,41	-\$ 1.019.315.613,72
3		\$ 309.436.362,13	\$ 309.436.362,13	\$ 420.988.208,30	\$ 111.551.846,17	-\$ 907.763.767,55
4	\$ 13.910.568,75	\$ 331.538.959,43	\$ 345.449.528,18	\$ 451.058.794,61	\$ 105.609.266,43	-\$ 802.154.501,12
5	\$ 82.450.901,20	\$ 353.641.556,72	\$ 436.092.457,92	\$ 481.129.380,92	\$ 45.036.923,00	-\$ 757.117.578,12
6	\$ 13.910.568,75	\$ 375.744.154,02	\$ 389.654.722,77	\$ 511.199.967,23	\$ 121.545.244,46	-\$ 635.572.333,66
7		\$ 397.846.751,32	\$ 397.846.751,32	\$ 541.270.553,53	\$ 143.423.802,22	-\$ 492.148.531,45
8	\$ 13.910.568,75	\$ 419.949.348,61	\$ 433.859.917,36	\$ 571.341.139,84	\$ 137.481.222,48	-\$ 354.667.308,97
9		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	-\$ 225.378.115,03
10	\$ 96.361.469,95	\$ 442.051.945,91	\$ 538.413.415,85	\$ 571.341.139,84	\$ 32.927.723,99	-\$ 192.450.391,04
11		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	-\$ 63.161.197,11
12	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 52.217.428,08
13		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 181.506.622,01
14	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 296.885.247,19
15	\$ 82.450.901,20	\$ 442.051.945,91	\$ 524.502.847,10	\$ 571.341.139,84	\$ 46.838.292,74	\$ 343.723.539,93
16	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 459.102.165,12
17		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 588.391.359,05
18	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 703.769.984,23
19	\$ 349.951.648,47	\$ 442.051.945,91	\$ 792.003.594,38	\$ 571.341.139,84	-\$ 220.662.454,54	\$ 483.107.529,70
20	\$ 96.361.469,95	\$ 442.051.945,91	\$ 538.413.415,85	\$ 571.341.139,84	\$ 32.927.723,99	\$ 516.035.253,68
21		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 645.324.447,62
22	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 760.703.072,80
23		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 889.992.266,74
24	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 1.005.370.891,92
25		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 1.134.660.085,86
26	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 1.250.038.711,04
27		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 1.379.327.904,97
28	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 1.494.706.530,16
29		\$ 442.051.945,91	\$ 442.051.945,91	\$ 571.341.139,84	\$ 129.289.193,93	\$ 1.623.995.724,09
30	\$ 13.910.568,75	\$ 442.051.945,91	\$ 455.962.514,66	\$ 571.341.139,84	\$ 115.378.625,18	\$ 1.739.374.349,28

Tabla 134 Flujo de caja en pesos

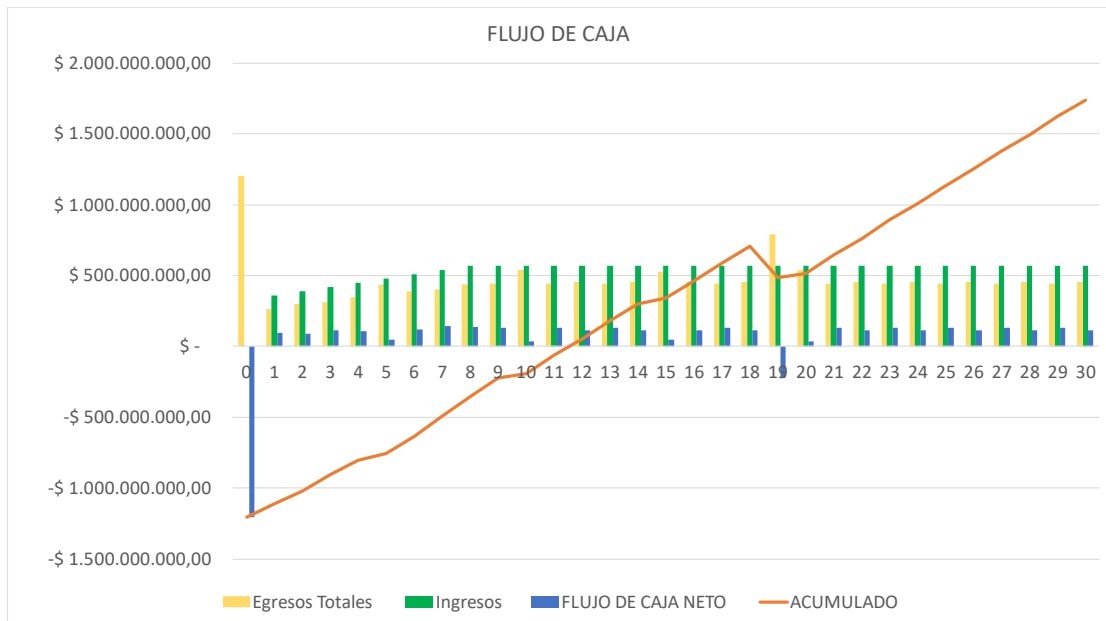


Imagen 161 Gráfico Flujo de caja en pesos

En el plazo de 30 años, la inversión en esta planta obtiene una Tasa interna de retorno del 7,14%, y a una tasa de descuento del 5,78% tomando de referencia la tasa de interés que tiene el Banco Interamericano de Desarrollo para este tipo de proyectos, el valor actual neto de la inversión (en pesos) es de:

Tasa de interés BID	6,14%
Tasa de descuento	5,78%
VAN	\$ 178.944.701,63
TIR	<u>7,14%</u>

Tabla 135 VAN y TIR en pesos

Se muestra mismo flujo de caja, pero con los valores expresados en dólares.

Periodo	Reinversiones	Costos Operativos	Egresos Totales	Ingresos	FLUJO DE CAJA NETO	ACUMULADO
0	\$ 3.229.503,41	\$ -	\$ 3.229.503,41	\$ -	-\$ 3.229.503,41	-\$ 3.229.503,41
1	\$ -	\$ 711.075,52	\$ 711.075,52	\$ 967.418,33	\$ 256.342,81	-\$ 2.973.160,60
2	\$ 37.293,75	\$ 770.331,81	\$ 807.625,56	\$ 1.048.036,52	\$ 240.410,96	-\$ 2.732.749,63
3	\$ -	\$ 829.588,10	\$ 829.588,10	\$ 1.128.654,71	\$ 299.066,61	-\$ 2.433.683,02
4	\$ 37.293,75	\$ 888.844,40	\$ 926.138,15	\$ 1.209.272,91	\$ 283.134,76	-\$ 2.150.548,26
5	\$ 221.047,99	\$ 948.100,69	\$ 1.169.148,68	\$ 1.289.891,10	\$ 120.742,42	-\$ 2.029.805,84
6	\$ 37.293,75	\$ 1.007.356,98	\$ 1.044.650,73	\$ 1.370.509,30	\$ 325.858,56	-\$ 1.703.947,28
7	\$ -	\$ 1.066.613,27	\$ 1.066.613,27	\$ 1.451.127,49	\$ 384.514,22	-\$ 1.319.433,06
8	\$ 37.293,75	\$ 1.125.869,57	\$ 1.163.163,32	\$ 1.531.745,68	\$ 368.582,37	-\$ 950.850,69
9	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	-\$ 604.230,87
10	\$ 258.341,74	\$ 1.185.125,86	\$ 1.443.467,60	\$ 1.531.745,68	\$ 88.278,08	-\$ 515.952,79
11	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	-\$ 169.332,97
12	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 139.993,10
13	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 486.612,93
14	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 795.939,00
15	\$ 221.047,99	\$ 1.185.125,86	\$ 1.406.173,85	\$ 1.531.745,68	\$ 125.571,83	\$ 921.510,83
16	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 1.230.836,90
17	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 1.577.456,73
18	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 1.886.782,80
19	\$ 938.208,17	\$ 1.185.125,86	\$ 2.123.334,03	\$ 1.531.745,68	-\$ 591.588,35	\$ 1.295.194,45
20	\$ 258.341,74	\$ 1.185.125,86	\$ 1.443.467,60	\$ 1.531.745,68	\$ 88.278,08	\$ 1.383.472,53
21	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 1.730.092,35
22	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 2.039.418,43
23	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 2.386.038,25
24	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 2.695.364,32
25	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 3.041.984,14
26	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 3.351.310,22
27	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 3.697.930,04
28	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 4.007.256,11
29	\$ -	\$ 1.185.125,86	\$ 1.185.125,86	\$ 1.531.745,68	\$ 346.619,82	\$ 4.353.875,94
30	\$ 37.293,75	\$ 1.185.125,86	\$ 1.222.419,61	\$ 1.531.745,68	\$ 309.326,07	\$ 4.663.202,01

Tabla 136 Flujo de caja en dólares

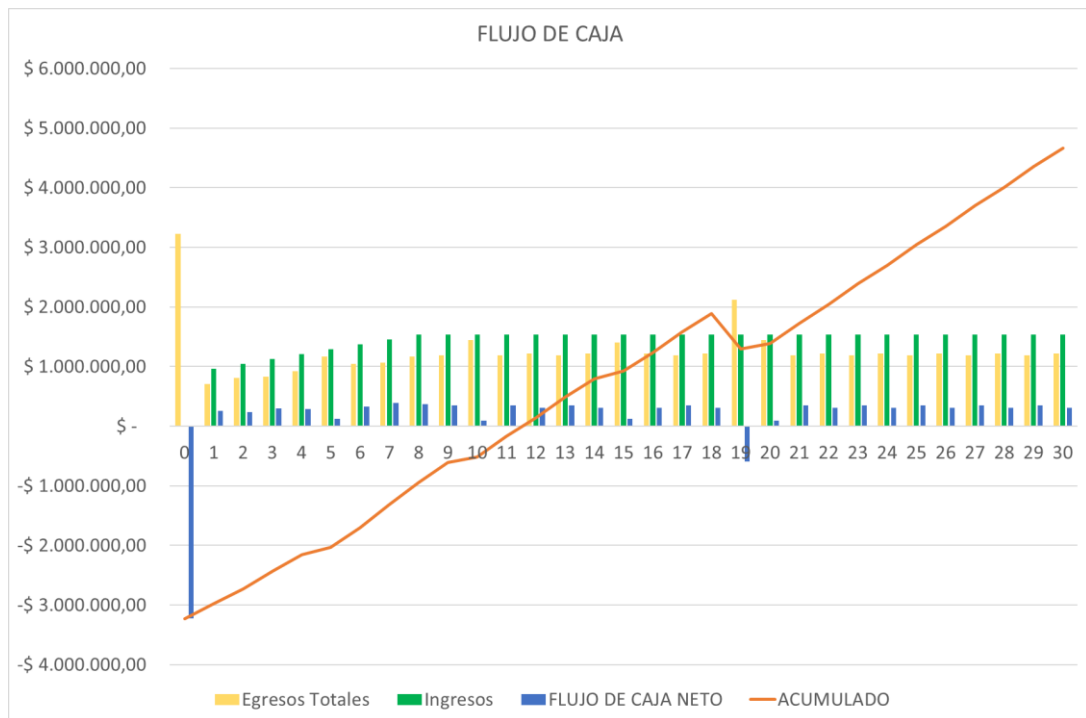


Imagen 162 Gráfico Flujo de caja en dólares

Tasa de interés BID	6,14%
Tasa de descuento	5,78%
VAN	\$ 479.744,51
TIR	7,14%

Imagen 163 VAN y TIR en dólares

2.14 Estudio de impacto ambiental

Una de las justificaciones de la realización de este proyecto, como ya se mencionó en un comienzo, es minimizar el impacto ambiental negativo de los residuos patológicos y garantizar su manejo seguro y sostenible de manera que no representen un riesgo significativo para el medio ambiente y la salud pública. La protección del entorno natural y la prevención de la contaminación son pilares fundamentales de la gestión de residuos patológicos, por lo tanto es importante la realización de un estudio de impacto ambiental (EIA) para asegurar que este proyecto sea beneficioso al medio ambiente ya que permite evaluar, identificar y predecir los distintos impactos tanto positivos como negativos sobre el mismo en el corto, mediano y largo plazo como así también conocer sus orígenes, su importancia y demás factores para luego aplicar medidas de mitigación y/o compensación en caso que sea necesario.

“Se trata de un procedimiento técnico-administrativo con carácter preventivo, previsto en la Ley n. ° 25675 —la Ley General del Ambiente—, que permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental. La autoridad se expide a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Certificado de Aptitud Ambiental (CAA) según la norma particular de cada jurisdicción. Estos documentos son conocidos como “licencia ambiental” en la mayoría de los países”.

(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)

Los principales objetivos de un EIA según el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible son:

- Evaluar la sostenibilidad ambiental de un proyecto con el fin de tomar decisiones informadas.
- Fomentar la apertura y la participación de la comunidad en el proceso de planificación y toma de decisiones.
- Estimular la prevención y la gestión adecuada de los posibles efectos ambientales y sociales que puedan derivarse de proyectos específicos.

Para la provincia de Entre Rios existe el Decreto 4977 el cual reglamenta los estudios de impacto ambiental y establece en su anexo 3 los siguientes contenidos mínimos para los estudios de impacto ambiental:

- 1.- Índice.
- 2.- Resumen ejecutivo.
- 3.- Descripción, objetivos y justificación del proyecto propuesto.
- 4.- Profesionales intervinientes responsables de los estudios.
- 5.- Área de localización del proyecto.
- 6.- Marco legal y administrativo.
- 7.- Datos de base.
- 8.- Análisis de alternativas.
- 9.- Identificación de impactos y efectos ambientales del proyecto elegido.
- 10.- Plan de gestión ambiental.

11.- Comunicación a la Comunidad.

12.- Anexos

La realización de un EIA debidamente realizado por un profesional del área ambiental deberá contar mínimamente con los puntos mencionados. Debido al alcance este proyecto y a las incumbencias, a estas instancias del proyecto solo se abordarán algunos de estos puntos a modo de recomendación, lo que puede ser utilizado como base para la elaboración de un EIA conforme a la normativa vigente. Si bien ya se han tocado varios de los puntos mencionados anteriormente, se hace un resumen de la localización del proyecto, una descripción de las diferentes etapas de realización de este proyecto y por último se hace mayor hincapié en la identificación de impactos y efectos ambientales del proyecto de manera meramente cualitativa mediante una matriz de cálculo de impacto ambiental, para luego proponer distintas medidas de mitigación.

2.14.1 Área de localización del proyecto

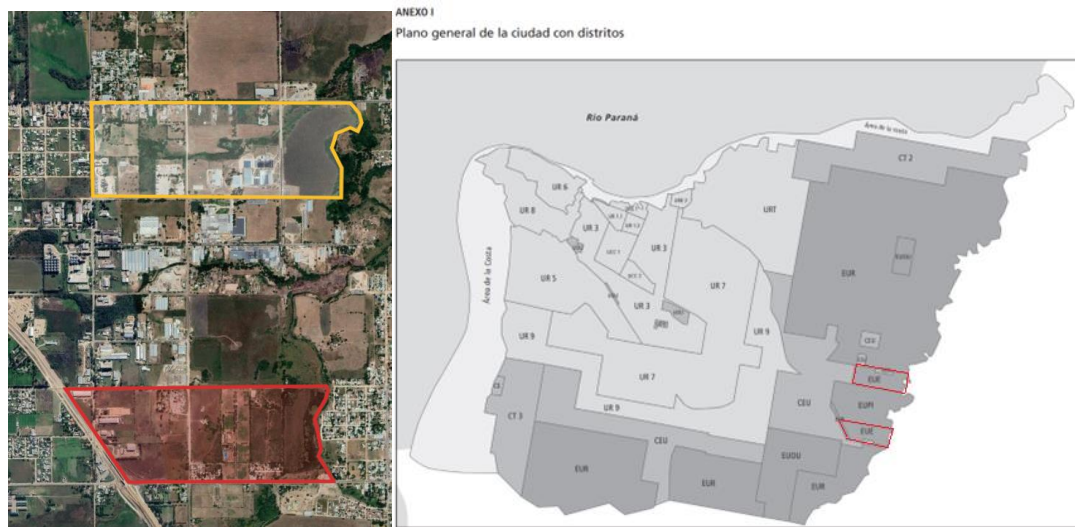


Imagen 164 Área de localización del Proyecto

La ubicación propuesta para el proyecto es en alguna de las dos áreas extraurbana equipamiento (EUE) rodeando al parque industrial de Paraná con el permiso explícito de la municipalidad. Además, el predio de la planta ocupará un espacio de una hectárea aproximadamente.

2.14.2 Etapas del proyecto

Para la elaboración de este proyecto se plantean cuatro fases o etapas:

2.14.2.1 Etapa de Formulación

En esta fase, se definen y detallan los elementos clave del proyecto antes de su implementación. La correcta formulación de un proyecto como este es crítica para garantizar que se aborden todos los aspectos necesarios para el manejo seguro y efectivo de estos residuos. Además, es esencial para cumplir con las regulaciones y proteger el medio ambiente y la salud pública.

Algunos de los puntos a abordar en esta etapa son:

- Estudio de residuos

- Normativas y regulaciones
- Diseño de la planta
- Ubicación e infraestructura
- Evaluación de impacto ambiental
- Aspectos financieros
- Evaluación de riesgos
- Consulta a partes interesadas

2.14.2.2 Etapa de construcción

Es el período en el que se llevan a cabo las actividades necesarias para transformar el diseño y los planos de la planta en una instalación física funcional. Esta etapa implica una serie de acciones clave:

- Preparación del terreno: Antes de comenzar la construcción, se debe acondicionar y preparar el terreno donde se ubicará la planta. Esto puede incluir la nivelación del suelo, la remoción de vegetación, y la preparación de cimientos y sistemas de drenaje, según sea necesario.
- Construcción de edificaciones: Se construyen los edificios y estructuras necesarios para la operación de la planta, como las instalaciones de tratamiento, áreas de almacenamiento, oficinas administrativas, entre otros.
- Instalación de equipos y maquinaria: Se adquieren, ensamblan y colocan los equipos y maquinaria especializados requeridos para el tratamiento de los residuos patológicos.
- Infraestructura y servicios: Se instalan sistemas de infraestructura como energía eléctrica, suministro de agua, línea de vapor, ventilación,

climatización y otros servicios necesarios para el funcionamiento de la planta.

- Control de calidad y seguridad: Durante la construcción, se implementan prácticas de control de calidad y seguridad para garantizar que la planta cumpla con los estándares y regulaciones aplicables. Se llevan a cabo inspecciones y pruebas para asegurar que los sistemas funcionen correctamente y de manera segura.
- Capacitación del personal: Se capacita al personal que operará la planta en los procedimientos de seguridad, el uso de equipos y maquinaria, y los protocolos de tratamiento de residuos patológicos.
- Documentación y permisos: Se asegura que todos los permisos y documentos legales necesarios estén en orden antes de la operación de la planta. Esto puede incluir permisos ambientales, de construcción y de operación.
- Pruebas y puesta en marcha: Se realizan pruebas y simulaciones para garantizar que la planta funcione correctamente antes de su operación completa. Se ajustan y corrigen posibles problemas identificados durante esta fase.

La etapa de construcción es crítica para la creación de una planta de tratamiento de residuos patológicos eficiente y segura. Una vez que la construcción se completa con éxito y se cumplen todos los requisitos legales y de seguridad, la planta está lista para entrar en funcionamiento y avanzar a la etapa de operación.

2.14.2.3 Etapa de operación

En esta etapa se pone a la planta en funcionamiento y en pleno desarrollo de sus actividades para el manejo adecuado de los RRPP. Aquí están algunas de las acciones que suelen llevarse a cabo en la etapa de operación de una planta de este tipo:

- **Recolección, traslado y recepción de residuos:** Se realiza la tarea logística de recolectar los residuos de cada punto de generación y trasladarlos de manera segura a la planta. A su vez se lleva un registro de los mismos para su seguimiento y control.
- **Tratamiento:** Los residuos se someten a los procesos de tratamiento adecuados según su naturaleza a través del autoclave o el horno de incineración con el fin de desactivar los patógenos y reducir los riesgos.
- **Control de emisiones y seguridad:** Se monitorean y controlan las emisiones de gases y la liberación de contaminantes al medio ambiente para cumplir con regulaciones ambientales. Se aplican medidas de seguridad para proteger al personal y evitar accidentes.
- **Gestión de residuos generados:** Se gestionan los subproductos generados durante el tratamiento, como cenizas, residuos líquidos, u otros productos derivados del proceso.
- **Registro y seguimiento:** Se lleva un registro detallado de la cantidad y el tipo de residuos recibidos, tratados y dispuestos. Esta información es crítica para el cumplimiento normativo y la trazabilidad.
- **Mantenimiento y limpieza:** Se realiza el mantenimiento regular de equipos y maquinaria, así como la limpieza de las instalaciones. Esto es esencial para mantener un entorno de trabajo seguro y eficiente.

- Capacitación y seguridad del personal: Se capacita continuamente al personal en las mejores prácticas de tratamiento y manejo de residuos patológicos y se enfatiza la seguridad en el trabajo.
- Cumplimiento normativo: Se asegura el cumplimiento constante de todas las regulaciones y normativas aplicables relacionadas con el manejo de residuos patológicos.

2.14.2.4 Etapa de abandono del proyecto

La fase de abandono, también conocida como fase de cierre es fundamental para asegurar un cierre adecuado y seguro de la instalación una vez que ya no se encuentra en funcionamiento. Esta etapa es esencial para cumplir con las regulaciones ambientales y de seguridad, además de minimizar cualquier impacto negativo en la salud pública y el medio ambiente. A continuación, se describen las acciones clave en esta fase:

- Desactivación de equipos y sistemas: Se detienen y desconectan todos los equipos y sistemas de la planta de tratamiento. Esto incluye la desconexión de la energía, agua, gas y otros suministros.
- Retiro de residuos residuales: Se retiran todos los residuos restantes de la planta, incluyendo cualquier material residual o subproductos que puedan haber quedado después del cese de operaciones. Estos residuos deben ser manejados y eliminados adecuadamente de acuerdo con las regulaciones aplicables.
- Limpieza y descontaminación: Se realiza una limpieza exhaustiva de todas las áreas de la planta para eliminar cualquier residuo o contaminante que pueda representar un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. También se

descontaminan las áreas que hayan estado en contacto con residuos patológicos.

- Eliminación segura de químicos y materiales peligrosos: Se asegura la eliminación adecuada de cualquier químico o material peligroso que haya sido utilizado en el proceso de tratamiento de residuos patológicos.
- Restauración del sitio: Se lleva a cabo la restauración del sitio a su estado original o a un estado adecuado que cumpla con los requisitos ambientales y de seguridad. Esto puede incluir la revegetación de áreas perturbadas, la reparación de infraestructura y la recuperación de suelos.
- Gestión de documentación y registros: Se archivan todos los documentos y registros relacionados con la planta de tratamiento de residuos patológicos de acuerdo con los requisitos legales y reglamentarios. Esto es fundamental para la trazabilidad y el cumplimiento normativo a largo plazo.
- Desmantelamiento de instalaciones: Se lleva a cabo el desmantelamiento de las instalaciones y edificios que ya no serán utilizados. Este proceso debe ser cuidadosamente planificado y ejecutado.
- Notificación a autoridades: Se notifica a las autoridades reguladoras pertinentes sobre el cierre de la planta de tratamiento de residuos patológicos, cumpliendo con los requisitos de notificación establecidos por las regulaciones locales y nacionales.
- Evaluación de impacto ambiental: Se realiza una evaluación final de los impactos ambientales del proyecto de cierre y se toman medidas adicionales si es necesario para mitigar cualquier impacto negativo.

La fase de abandono es esencial para garantizar que la planta de tratamiento de residuos patológicos no represente un riesgo continuo para la salud pública y el medio

ambiente después de su cierre. El cumplimiento de las regulaciones y la gestión adecuada de la eliminación de residuos son aspectos clave en esta etapa.

2.14.3 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impactos puede realizarse mediante múltiples metodologías. Para este proyecto se optó por la propuesta por Conesa Fernández-Vítora (1997) la cual continúa siendo la herramienta de más amplia utilización. Para esto seguiremos una serie de pasos hasta llegar a una tabla en la cual mediante un algoritmo se puede calificar cada impacto generado.

2.14.3.1 Identificación de componentes susceptibles a ser impactados

Para empezar, se debe identificar los componentes del entorno susceptibles de ser impactados o afectado por la realización del proyecto. Estos son todos aquellos elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por la actividad, como por ejemplo vegetación, flora, fauna, aguas, suelos, población, etc. A su vez, agrupamos estos componentes según el medio en que se encuentran. Estos medios pueden ser medio físico, medio biológico y medio socioeconómico.

En la tabla se utiliza:

➤ Medio Físico:

- Aire
- Suelo
- Agua superficial
- Paisajes

➤ Medio Biológico:

- Flora

- Fauna
- Ecosistema
- Medio Socioeconómico:
 - Empleo
 - Actividades afectadas
 - Calidad de vida del vecindario
 - Aceptación Ciudadana
 - Población.

2.14.3.2 Identificación de las acciones del proyecto susceptibles de producir impactos

Durante esta fase, se detectan todas las acciones del proyecto que, de alguna manera, tienen el potencial de causar un impacto o modificar el entorno ambiental.

Se considera para la matriz las acciones previamente mencionadas en cada una de las etapas y se agregan algunas acciones extra.

2.14.3.3 Identificación y valoración de impactos ambientales

En este paso se consideran específicamente las interacciones entre las distintas acciones generadoras de impactos y los elementos del medio susceptibles de ser impactados. Aquí es donde se utiliza la matriz de importancia cualitativa como herramienta para evaluar las acciones previstas por la ejecución del Proyecto y los impactos derivados de éstas sobre cada uno de los factores ambientales, considerando todas las distintas etapas del Proyecto (Construcción, Operación y Abandono).

Cada impacto es calificado según su importancia a través de un algoritmo:

$$I = \pm [3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Donde:

CRITERIOS	SIGNIFICADO	
Signo	positivo (+) / negativo (-)	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados
intensidad	IN	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 aquella 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).

Tabla 137 Criterios - Significado de variables dentro del algoritmo

A su vez, el desarrollo de la ecuación de la importancia (I) es llevado a cabo mediante las siguientes calificaciones propuestas en el siguiente cuadro:

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
NATURALEZA Impacto benéfico Impacto perjudicial	+ -	INTENSIDAD (IN) (Grado de destrucción) Baja Media Alta Muy alta Total	1 2 4 8 12
EXTENSIÓN (EX) Puntual Parcial Extensa Total Crítica	1 2 4 8 (+4)	MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) Largo plazo Medio Plazo Inmediato Crítico	1 2 4 (+4)
PERSISTENCIA (PE) Fugaz Temporal Permanente	1 2 4	REVERSIBILIDAD (RV) Corto plazo Medio plazo Irreversible	1 2 4

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
SINERGIA (SI) Sin sinergismo (simple) Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4	ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo) Simple Acumulativo	1 4
EFECTO (EF) Indirecto (secundario) Directo	1 4	PERIODICIDAD (PR) Irregular o aperiódico o discontinuo Periódico Continuo	1 2 4
RECUPERABILIDAD (MC) Recuperable inmediato Recuperable a medio plazo Mitigable o compensable Irrecuperable	1 2 4 8	IMPORTANCIA (I) $I = (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	

Tabla 138 Calificaciones de impacto ambiental

En función de este modelo, los valores extremos de la Importancia (I) pueden variar:

Signo		Valor de (I)	Calificación
(-)	(+)		
		<13	irrelevante
		13 a 24	Bajo
		25 a 50	Moderado
		> 50	Critico

Tabla 139 Valores de la Importancia

Siendo el significado de las clasificaciones:

- **Irrelevante:** La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión.
- **Bajo:** La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
- **Moderado:** La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario.
- **Crítico:** La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna.

Ahora se puede plantear una matriz para cada etapa del proyecto para obtener la importancia del impacto generado por cada acción sobre cada uno de los factores ambientales. Si la acción no genera ningún impacto, no se suma ningún valor.

- **Etapas de construcción:**

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA
Preparación del suelo	-1	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	-21
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	2	4	4	2	2	1	1	4	2	2	-32
Construcciones civiles	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Consumo de agua												0
Consumo de energía												0
Generación y disposición de residuos	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Montaje de equipos obra de ingeniería												0
Controles de calidad y seguridad	(+)	1	1	4	2		1	1	1	2		16
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0
limpieza de obra	(+)	2	1	4	1			1	1	1		16
AIRE												
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA
Preparación del suelo	-1	8	1	4	4	2	1	1	4	2	4	-48
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	1	4	2	2	1	1	4	2	2	-32
Construcciones civiles	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Consumo de agua												0
Consumo de energía												0
Generación y disposición de residuos												0
Montaje de equipos obra de ingeniería												0
Controles de calidad y seguridad	(+)	1	1	4	2		1	1	1	2		16
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0
limpieza de obra	(+)	2	1	4	1		1	1	1	1		17
SUELO												
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA
Preparación del suelo	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Construcciones civiles												0
Consumo de agua	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-19
Consumo de energía												0
Generación y disposición de residuos	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Montaje de equipos obra de ingeniería												0
Controles de calidad y seguridad	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
limpieza de obra	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16
AGUA (ARROYOS, NAPAS)												
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA
Preparación del suelo	-1	8	1	4	4	2	1	1	4	2	4	-48
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	1	4	2	2	1	1	4	2	2	-32
Construcciones civiles	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16
Consumo de agua												0
Consumo de energía												0
Generación y disposición de residuos												0
Montaje de equipos obra de ingeniería												0
Controles de calidad y seguridad	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0
limpieza de obra	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16
PAISAJE												

MEDIO FÍSICO

Tabla 140 Matriz etapa construcción

ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	FLORA	MEDIO BIOLÓGICO
Preparación del suelo	-1	8	1	4	4	2	1	1	4	2	4	-48		
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	1	4	2	2	1	1	4	2	2	-32		
Construcciones civiles	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipos obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad												0		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	FAUNA	
Preparación del suelo	-1	8	1	4	4	2	1	1	4	2	4	-48		
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	1	4	2	2	1	1	1	2	2	-29		
Construcciones civiles	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipos obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad												0		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	ECOSISTEMA	
Preparación del suelo	-1	8	1	4	4	2	1	1	4	2	4	-48		
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	1	4	2	2	1	1	1	2	2	-29		
Construcciones civiles	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-16		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos	-1	2	4	4	2	2	1	1	1	1	1	-27		
Montaje de equipos obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra	1	1	1	4	2		1	1	1	2		16		

ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Preparación del suelo	(+)	8	1	4	2		2	1	4	2		41	EMPLEO	
Tráfico de vehículos y maquinarias	(+)	8	1	4	2		2	1	4	2		41		
Construcciones civiles	(+)	8	1	4	2		2	1	4	2		41		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipo obra de ingeniería	(+)	2	1	4	2		2	1	4	2		23		
Controles de calidad y seguridad	(+)	2	1	4	2		2	1	4	2		23		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)	(+)	8	1	4	2		2	1	4	2		41		
limpieza de obra	(+)	2	1	4	2		2	1	4	2		23		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Preparación del suelo												0	ACTIVIDADES AFECTADAS	
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-28		
Construcciones civiles												0		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipo obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad												0		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra												0		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Preparación del suelo	-1	1	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-19	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	MEDIO SOCIO ECONÓMICO
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	4	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-28		
Construcciones civiles	-1	1	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-19		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipo obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad												0		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra	(+)	2	1	1	1		1	1	1	2		13		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Preparación del suelo	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22	ACEPTACIÓN CIUDADANA	
Tráfico de vehículos y maquinarias	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22		
Construcciones civiles	-1	1	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-19		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipo obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad												0		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra	(+)	1	1	1	1		1	1	1	2		12		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Preparación del suelo												0	POBLACIÓN	
Tráfico de vehículos y maquinarias												0		
Construcciones civiles												0		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Generación y disposición de residuos												0		
Montaje de equipo obra de ingeniería												0		
Controles de calidad y seguridad												0		
Instalación de servicios (agua,gas,electricidad,vapor, etc.)												0		
limpieza de obra												0		

• **Etapa de operación:**

ETAPA DE OPERACIÓN												
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA
Depósito de residuos tratados												0
Lavado de contenedores, equipos y planta												0
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	4	4	4	2	2	1	1	4	2	4	-40
Consumo de agua												0
Consumo de energía												0
Consumo de gas natural	-1	1	2	4	2	2	1	1	4	2	2	-25
Consumo de insumos												0
Incineración de residuos	-1	1	2	4	2	2	1	1	4	2	4	-27
Autoclavado de residuos												0
Generación de residuos residuales												0
Control, seguimiento, registro	(+)	4	2	4	2		1	1	1	2		27
AIRE												
Depósito de residuos tratados												0
Lavado de contenedores, equipos y planta												0
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	1	2	4	2	2	1	1	4	2	4	-27
Consumo de agua												0
Consumo de energía												0
Consumo de gas natural												0
Consumo de insumos												0
Incineración de residuos												0
Autoclavado de residuos												0
Generación de residuos residuales												0
Control, seguimiento, registro												0
SUELO												
Depósito de residuos tratados												0
Lavado de contenedores, equipos y planta	-1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	-18
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)												0
Consumo de agua	-1	2	1	4	2	1	1	1	1	2	2	-22
Consumo de energía												0
Consumo de gas natural												0
Consumo de insumos												0
Incineración de residuos												0
Autoclavado de residuos												0
Generación de residuos residuales												0
Control, seguimiento, registro	(+)	4	2	4	2		1	1	1	2		27
AGUA (ARROYOS, NAPAS)												
Depósito de residuos tratados												0
Lavado de contenedores, equipos y planta												0
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22
Consumo de agua												0
Consumo de energía												0
Consumo de gas natural												0
Consumo de insumos												0
Incineración de residuos	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22
Autoclavado de residuos												0
Generación de residuos residuales												0
Control, seguimiento, registro												0
PAISAJE												

Tabla 141 Matriz etapa operación

ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	FLORA	MEDIO BIOLÓGICO		
Depósito de residuos tratados												0				
Lavado de contenedores, equipos y planta												0				
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22				
Consumo de agua												0				
Consumo de energía												0				
Consumo de gas natural												0				
Consumo de insumos												0				
Incineración de residuos												0				
Autoclavado de residuos												0				
Generación de residuos residuales												0				
Controles, seguimiento, registro												0				
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA			FAUNA	
Depósito de residuos tratados												0				
Lavado de contenedores, equipos y planta												0				
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22				
Consumo de agua												0				
Consumo de energía												0				
Consumo de gas natural												0				
Consumo de insumos												0				
Incineración de residuos												0				
Autoclavado de residuos												0				
Generación de residuos residuales												0				
Controles, seguimiento, registro												0				
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	ECOSISTEMA			
Depósito de residuos tratados												0				
Lavado de contenedores, equipos y planta												0				
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	4	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-28				
Consumo de agua												0				
Consumo de energía												0				
Consumo de gas natural												0				
Consumo de insumos												0				
Incineración de residuos												0				
Autoclavado de residuos												0				
Generación de residuos residuales	-1	4	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-28				
Controles, seguimiento, registro	1	2	2	4	1		1	1	1	2		20				

ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Depósito de residuos tratados	(+)	4	1	4	2		2	1	4	2		29	EMPLEO	
Lavado de contenedores, equipos y planta	(+)	4	1	4	2		2	1	4	2		29		
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	(+)	8	1	4	2		2	1	4	2		41		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Consumo de gas natural												0		
Consumo de insumos												0		
Incineración de residuos	(+)	4	1	4	2		2	1	4	2		29		
Autoclavado de residuos	(+)	4	1	4	2		2	1	4	2		29		
Generación de residuos residuales												0		
Controles, seguimiento, registro	(+)	4	1	4	2		2	1	4	2		29		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Depósito de residuos tratados												0	ACTIVIDADES AFECTADAS	
Lavado de contenedores, equipos y planta												0		
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	2	2	4	4	1	1	1	1	2	2	-26		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Consumo de gas natural												0		
Consumo de insumos	1	2	4	2	2		1	1	1	2		23		
Incineración de residuos												0		
Autoclavado de residuos												0		
Generación de residuos residuales	-1	2	2	4	4	1	1	1	1	2	2	-26		
Controles, seguimiento, registro												0		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Depósito de residuos tratados												0	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	MEDIO SOCIO ECONÓMICO
Lavado de contenedores, equipos y planta												0		
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Consumo de gas natural												0		
Consumo de insumos												0		
Incineración de residuos												0		
Autoclavado de residuos												0		
Generación de residuos residuales	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	22		
Controles, seguimiento, registro												0		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Depósito de residuos tratados												0	ACEPTACIÓN CIUDADANA	
Lavado de contenedores, equipos y planta	1	2	2	2	2	4	1	4	1	1		25		
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)												0		
Consumo de agua												0		
Consumo de energía												0		
Consumo de gas natural												0		
Consumo de insumos												0		
Incineración de residuos	-1	8	4	4	2	1	1	1	1	2	4	-48		
Autoclavado de residuos	1	2	2	2	2	4	1	4	1	1		25		
Generación de residuos residuales												0		
Controles, seguimiento, registro	1	2	2	2	2	4	1	4	1	1		25		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Depósito de residuos tratados												0	POBLACIÓN	
Lavado de contenedores, equipos y planta												0		
Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)												0		
Consumo de agua	-1	2	1	4	4	2	1	1	1	2	4	-27		
Consumo de energía	-1	2	1	4	4	2	1	1	1	2	4	-27		
Consumo de gas natural												0		
Consumo de insumos												0		
Incineración de residuos	1	4	4	4	4	4	1	1	4	2		40		
Autoclavado de residuos	1	4	4	4	4	4	1	1	4	2		40		
Generación de residuos residuales	-1	2	1	4	4	2	1	1	1	2	4	-27		
Controles, seguimiento, registro	1	4	4	4	4	4	1	1	4	2		40		

- **Etapa de abandono:**

ETAPA DE ABANDONO																
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA				
Desmantelamiento de las instalaciones	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-21	AIRE	MEDIO FÍSICO		
Clasificación y deposición de RSU												0				
Limpieza y descontaminación	1	2	1	4	4		1	1	1	1		20				
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	2	1	4	4		1	1	1	1		20				
Desactivación de equipos y sistemas												0				
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	SUELO		MEDIO FÍSICO	
Desmantelamiento de las instalaciones												0				
Clasificación y deposición de RSU												0				
Limpieza y descontaminación	1	1	1	4	1		1	1	1	1		14				
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26				
Desactivación de equipos y sistemas												0				
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	AGUA SUPERFICIAL			MEDIO FÍSICO
Desmantelamiento de las instalaciones												0				
Clasificación y deposición de RSU												0				
Limpieza y descontaminación	1	1	1	4	1		1	1	1	1		14				
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26				
Desactivación de equipos y sistemas												0				
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	PAISAJE	MEDIO FÍSICO		
Desmantelamiento de las instalaciones	1	4	1	4	4		1	1	4	4		32				
Clasificación y deposición de RSU												0				
Limpieza y descontaminación	1	4	1	4	4		1	1	4	4		32				
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	4	4		1	1	4	4		32				
Desactivación de equipos y sistemas												0				

Tabla 142 Matriz etapa abandono

ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA			
Desmantelamiento de las instalaciones												0	FLORA	MEDIO BIOLÓGICO	
Clasificación y deposición de RSU												0			
Limpieza y descontaminación												0			
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26			
Desactivación de equipos y sistemas												0			
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA			
Desmantelamiento de las instalaciones												0	FAUNA		
Clasificación y deposición de RSU												0			
Limpieza y descontaminación												0			
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26			
Desactivación de equipos y sistemas												0			
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA			
Desmantelamiento de las instalaciones												0	ECOSISTEMA		
Clasificación y deposición de RSU	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26			
Limpieza y descontaminación	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26			
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26			
Desactivación de equipos y sistemas												0			

ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA		
Desmantelamiento de las instalaciones	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26	EMPLEO	
Clasificación y deposición de RSU	1	2	1	1	4		1	1	4	1		20		
Limpieza y descontaminación	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26		
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26		
Desactivación de equipos y sistemas	1	4	1	1	4		1	1	4	1		26		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	ACTIVIDADES AFECTADAS	
Desmantelamiento de las instalaciones												0		
Clasificación y deposición de RSU												0		
Limpieza y descontaminación												0		
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)												0		
Desactivación de equipos y sistemas												0		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	MEDIO SOCIO ECONÓMICO
Desmantelamiento de las instalaciones												0		
Clasificación y deposición de RSU												0		
Limpieza y descontaminación	1	2	1	1	4		1	1	4	1		20		
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	2	1	1	4		1	1	4	1		20		
Desactivación de equipos y sistemas												0		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	ACEPTACIÓN CIUDADANA	
Desmantelamiento de las instalaciones												0		
Clasificación y deposición de RSU	1	2	1	1	4		1	1	1	1		17		
Limpieza y descontaminación	1	2	1	1	4		1	1	4	1		20		
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	2	1	1	4		1	1	4	1		20		
Desactivación de equipos y sistemas												0		
ACCIÓN	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	POBLACIÓN	
Desmantelamiento de las instalaciones												0		
Clasificación y deposición de RSU	1	2	1	1	4		1	1	1	1		17		
Limpieza y descontaminación												0		
Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	1	2	1	1	4		1	1	1	1		17		
Desactivación de equipos y sistemas												0		

De esta manera, se puede plantear la llamada Matriz de impacto sintética la cual es una herramienta para resumir y presentar de manera concisa los impactos potenciales de un proyecto o actividad en el medio ambiente. En una matriz de impacto sintética, los impactos se resumen en categorías generales o se agrupan de manera que se puedan evaluar de manera más rápida y sencilla. Esto suele simplificar la presentación de la información y facilita la toma de decisiones. Además, puede ayudar a las partes interesadas a comprender rápidamente cuáles son los principales efectos del proyecto en el medio ambiente.

En este caso se realiza una matriz para cada etapa y presentamos el valor medio del impacto que se genera sobre cada factor y sobre el medio al que pertenece, como así también el valor medio del impacto total para las tres etapas:

- Matriz sintética - Etapa de construcción

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN												
FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES										VALOR MEDIO
		Preparación del suelo	Tráfico de vehículos y maquinarias	Construcciones civiles	Consumo de agua	Consumo de energía	Generación y disposición de residuos	Montaje de equipos y obra de ingeniería	Controles de calidad y seguridad	Instalación de servicios (agua, gas, electricidad, vapor, etc.)	limpieza de obra	
MEDIO FISICO	AIRE	-21	-32	-16	0	0	-16	0	16	0	16	-8.8
	SUELO	-48	-32	-16	0	0	0	0	16	0	17	-12.6
	AGUA	-16	-16	0	-19	0	-16	0	16	-16	16	-7.3
	PAISAJE	-48	-32	-16	0	0	0	0	16	0	16	-12.8
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO FISICO											-10.4
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	-48	-32	-16	0	0	0	0	0	0	16	-20.0
	FAUNA	-48	-29	-16	0	0	0	0	0	0	16	-19.3
	ECOSISTEMA	-48	-29	-16	0	0	-27	0	16	0	16	-14.7
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO BIOLÓGICO											-18.0
MEDIO SOCIOECONÓMICO	EMPLEO	41	41	41	0	0	0	23	23	41	23	33.3
	ACTIVIDADES AFECTADAS	0	-28	0	0	0	0	0	0	0	0	-28.0
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	-19	-28	-19	0	0	0	0	0	0	13	-13.3
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	-22	-22	-19	0	0	0	0	0	0	12	-12.8
	POBLACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO											-5.2

Tabla 143 Matriz sintética - Etapa de construcción

- Matriz sintética - Etapa de operación

ETAPA DE OPERACIÓN													
		ACCIONES											
FACTORES AMBIENTALES		Depósito de residuos tratados	Lavado de contenedores, equipos y planta	Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	Consumo de agua	Consumo de energía	Consumo de gas natural	Consumo de insumos	incineración de residuos	Autoclavado de residuos	Generación de residuos residuales	Controles, seguimiento, registro	VALOR MEDIO
MEDIO FISICO	AIRE	0	0	-40	0	0	-25	0	-27	0	0	27	-16.3
	SUELO	0	0	-27	0	0	0	0	0	0	0	0	-27.0
	AGUA	0	-18	0	-22	0	0	0	0	0	0	27	-4.3
	PAISAJE	0	0	-22	0	0	0	0	-22	0	0	0	-22.0
IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO FISICO													-17.4
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	0	0	-22	0	0	0	0	0	0	0	0	-22.0
	FAUNA	0	0	-22	0	0	0	0	0	0	0	0	-22.0
	ECOSISTEMA	0	0	-28	0	0	0	0	0	0	-28	20	-12.0
IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO BIOLÓGICO													-18.7
MEDIO SOCIOECONÓMICO	EMPLEO	29	29	41	0	0	0	0	29	29	0	29	31.0
	ACTIVIDADES AFECTADAS	0	0	-26	0	0	0	23	0	0	-26	0	-9.7
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	0	0	-22	0	0	0	0	0	0	22	0	0.0
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	0	25	0	0	0	0	0	-48	25	0	25	6.8
	POBLACIÓN	0	0	0	-27	-27	0	0	40	40	-27	40	6.5
IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO													6.9

Tabla 144 Matriz sintética - Etapa de operación

- Matriz sintética - Etapa de abandono

ETAPA DE ABANDONO							
		ACCIONES					
FACTORES AMBIENTALES		Desmantelamiento de las instalaciones	Clasificación y deposición de RSU	Limpieza y descontaminación	Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	Desactivación de equipos y sistemas	VALOR MEDIO
MEDIO FISICO	AIRE	-21	0	20	20	0	6.3
	SUELO	0	0	14	26	0	20.0
	AGUA	0	0	14	26	0	20.0
	PAISAJE	32	0	32	32	0	32.0
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO FISICO						
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	0	0	26	0	0	26.0
	FAUNA	0	0	0	26	0	26.0
	ECOSISTEMA	0	26	26	26	0	26.0
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO BIOLÓGICO						
MEDIO SOCIOECONÓMICO	EMPLEO	26	20	26	26	26	24.8
	ACTIVIDADES AFECTADAS	0	0	0	0	0	0
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	0	0	20	20	0	20.0
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	0	17	20	20	0	19.0
	POBLACIÓN	0	17	0	17	0	17.0
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO						

Tabla 145 Matriz sintética - Etapa de abandono

- Valor medio de impactos para todas las etapas por componente:

		MEDIA TOTAL IMPACTOS ETAPAS POR COMPONENTE AMBIENTAL
MEDIO FISICO	AIRE	-6.3
	SUELO	-6.5
	AGUA	2.8
	PAISAJE	-0.9
	TOTAL	-2.7
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	-5.3
	FAUNA	-5.1
	ECOSISTEMA	-0.2
	TOTAL	-3.5
MEDIO SOCIOECONÓMICO	EMPLEO	29.7
	ACTIVIDADES AFECTADAS	-18.8
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	10.0
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	4.3
	POBLACIÓN	8.5
	TOTAL	6.0

Tabla 146 Valor medio de impactos por componente

2.14.3.4 Identificación de impactos críticos

Esta etapa se centra en determinar cuáles de los impactos ambientales identificados son los más significativos o críticos. Estos impactos críticos son aquellos que tienen el potencial de tener efectos sustanciales en el medio ambiente, la salud humana o la sociedad y, por lo tanto, requieren una atención especial y medidas de mitigación.

La identificación de impactos críticos es esencial para enfocar los recursos y los esfuerzos en aquellos aspectos del proyecto que tienen el mayor potencial de afectar negativamente al entorno. También ayuda a garantizar que se tomen las medidas

adecuadas para minimizar o evitar estos impactos significativos, lo que es fundamental para el éxito de la EIA y el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

Para esto, se necesita realizar una Matriz sintética ponderada, la cual es muy similar a la anterior, pero se aplica una ponderación de la importancia relativa de los distintos componentes ambientales.

Estos valores ponderados reflejan la importancia relativa de cada impacto en relación con los objetivos del proyecto o la política ambiental. La matriz de impacto ponderada ayuda a priorizar los impactos ambientales y a centrar la atención en los aspectos más críticos durante la toma de decisiones.

Considerando que cada factor representa solo una parte del medio ambiente, es necesario llevar a cabo la ponderación de la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente. Se hace entonces necesario atribuir a cada componente un peso o índice ponderal expresado en Unidades de Importancia (UI) donde El valor total del ambiente, expresado en Unidades de Importancia (UI), es de 1000.

- Unidades de importancia asignadas:

SISTEMA AMBIENTAL	SUBSISTEMA AMBIENTAL	COMPONENTE	UI
NATURAL (0.40)	MEDIO FISICO (0.22)	AIRE	0.02
		SUELO	0.01
		AGUA	0.17
		PAISAJE	0.02
		TOTAL	0.22
	MEDIO BIOLOGICO (0.18)	FLORA	0.07
		FAUNA	0.03
		ECOSISTEMA	0.08
		TOTAL	0.18
		CULTURAL (0.60)	MEDIO SOCIOECONOMICO (0.60)
ACTIVIDADES AFECTADAS	0.12		
CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	0.03		
ACEPTACIÓN CIUDADANA	0.1		
POBLACIÓN	0.2		
TOTAL	0.6		

Tabla 147 Unidades de importancia asignadas

En definitiva, la matriz quedara conformada con las siguientes categorías:

Categoría	Valor de (I) ponderado	Calificación
	< 2,5	Bajo
	2,5 a 5	Moderado
	5 a 7,5	Severo
	> 7,5	Critico
	Los valores con signo + se consideran de impacto nulo	

Tabla 148 Categorías Matriz

- Matriz sintética ponderada – Etapa de construcción

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN												
FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES										VALOR MEDIO
		Preparación del suelo	Tráfico de vehículos y maquinarias	Construcciónes civiles	Consumo de agua	Consumo de energía	Generación y disposición de residuos	Montaje de equipos obra de ingeniería	Controles de calidad y seguridad	Instalación de servicios (agua, gas, electricidad, vapor, etc.)	limpieza de obra	
MEDIO FISICO	AIRE	-0.42	-0.64	-0.32	0	0	-0.32	0	0.32	0	0.32	-0.2
	SUELO	-0.48	-0.32	-0.16	0	0	0	0	0.16	0	0.17	-0.1
	AGUA	-2.72	-2.72	0	-3.23	0	-2.72	0	2.72	-2.72	2.72	-1.2
	PAISAJE	-0.96	-0.64	-0.32	0	0	0	0	0.32	0	0.32	-0.3
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO FISICO											-0.4
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	-3.36	-2.24	-1.12	0	0	0	0	0	0	1.12	-1.4
	FAUNA	-1.44	-0.87	-0.48	0	0	0	0	0	0	0.48	-0.6
	ECOSISTEMA	-3.84	-2.32	-1.28	0	0	-2.16	0	1.28	0	1.28	-1.2
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO BIOLÓGICO											-1.1
MEDIO SOCIOECONÓMICO	EMPLEO	6.15	6.15	6.15	0	0	0	3.45	3.45	6.15	3.45	5.0
	ACTIVIDADES AFECTADAS	0	-3.36	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.4
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	-0.57	-0.84	-0.57	0	0	0	0	0	0	0.39	-0.4
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	-2.2	-2.2	-1.9	0	0	0	0	0	0	1.2	-1.3
	POBLACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO											0.0

Tabla 149 Matriz sintética ponderada – Etapa de construcción

- Matriz sintética ponderada – Etapa de operación

ETAPA DE OPERACIÓN													
FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES										VALOR MEDIO	
		Depósito de residuos tratados	Lavado de contenedores, equipos y planta	Tráfico de vehículos (Recolección, traslado)	Consumo de agua	Consumo de energía	Consumo de gas natural	Consumo de insumos	incineración de residuos	Autoclavado de residuos	Generación de residuos residuales		Controles, seguimiento, registro
MEDIO FISICO	AIRE	0	0	-0.8	0	0	-0.5	0	-0.54	0	0	0.54	-0.3
	SUELO	0	0	-0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.3
	AGUA	0	-3.06	0	-3.74	0	0	0	0	0	0	4.59	-0.7
	PAISAJE	0	0	-0.44	0	0	0	0	-0.44	0	0	0	-0.4
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO FISICO											-0.4	
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	0	0	-1.54	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5
	FAUNA	0	0	-0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.7
	ECOSISTEMA	0	0	-2.24	0	0	0	0	0	0	-2.24	1.6	-1.0
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO BIOLÓGICO											-1.1	
MEDIO SOCIOECONÓMICO	EMPLEO	4.35	4.35	6.15	0	0	0	0	4.35	4.35	0	4.35	4.7
	ACTIVIDADES AFECTADAS	0	0	-3.12	0	0	0	2.76	0	0	-3.12	0	-1.2
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	0	0	-0.66	0	0	0	0	0	0	0.66	0	0.0
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	0	2.5	0	0	0	0	0	-4.8	2.5	0	2.5	0.7
	POBLACIÓN	0	0	0	-5.4	-5.4	0	0	8	8	-5.4	8	1.3
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO											1.1	

Tabla 150 Matriz sintética ponderada – Etapa de operación

- Matriz sintética ponderada – Etapa de Abandono

ETAPA DE ABANDONO							
FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES					VALOR MEDIO
		Desmantelamiento de las instalaciones	Clasificación y deposición de RSU	Limpieza y descontaminación	Restauración del sitio (Reforestación, recup. De suelos, etc)	Desactivación de equipos y sistemas	
MEDIO FISICO	AIRE	-0.42	0	0.4	0.4	0	0.1
	SUELO	0	0	0.14	0.26	0	0.2
	AGUA	0	0	2.38	4.42	0	3.4
	PAISAJE	0.64	0	0.64	0.64	0	0.6
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO FISICO						
MEDIO BIOLOGICO	FLORA	0	0	1.82	0	0	1.8
	FAUNA	0	0	0	0.78	0	0.8
	ECOSISTEMA	0	2.08	2.08	2.08	0	2.1
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO BIOLOGICO						
MEDIO SOCIOECONOMICO	EMPLEO	3.9	3	3.9	3.9	3.9	3.7
	ACTIVIDADES AFECTADAS	0	0	0	0	0	0
	CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	0	0	0.6	0.6	0	0.6
	ACEPTACIÓN CIUDADANA	0	1.7	2	2	0	1.9
	POBLACIÓN	0	3.4	0	3.4	0	3.4
	IMPORTANCIA MEDIA RESPECTO A FACTORES DEL MEDIO SOCIOECONOMICO						

Tabla 151 Matriz sintética ponderada – Etapa de Abandono

- Media total de impactos en las etapas por componente ambiental

	MEDIA TOTAL IMPACTOS ETAPAS POR COMPONENTE AMBIENTAL
AIRE	-0.1
SUELO	-0.1
AGUA	0.5
PAISAJE	0.0
TOTAL	0.1
FLORA	-0.4
FAUNA	-0.2
ECOSISTEMA	0.0
TOTAL	-0.2
EMPLEO	4.5
ACTIVIDADES AFECTADAS	-2.3
CALIDAD DE VIDA DEL VECINDARIO	0.3
ACEPTACIÓN CIUDADANA	0.4
POBLACIÓN	1.7
TOTAL	1.0

Tabla 152 Media total de impactos en las etapas por componente ambiental

Se puede observar que ninguno de los impactos negativos es de importancia crítica al completarse las tres etapas del proyecto.

Los beneficios del Proyecto conllevan una transformación significativa en el sistema de atención médica de la provincia de La Pampa, lo que se traduce en una reducción del riesgo sanitario tanto para la población en general como para los grupos más vulnerables y el personal de salud.

Cabe aclarar que para la realización de este proyecto y del EIA ya se contemplaban las medidas de mitigación o compensación que se describen a continuación.

2.14.4 Medidas de Mitigación

A continuación, se enuncian algunas de las acciones de mayor importancia que conllevan medidas de mitigación.

- **Generación de olores:**

Al almacenar los residuos sólidos en contenedores tapados y en la cámara frigorífica hasta el momento de su tratamiento, se evita que desprendan olores, minimizando las molestias y los impactos en la calidad del aire de las comunidades circundantes. Para el caso del autoclave, se instaló una campana de extracción para evitar la presencia de olores dentro de la planta. A su vez, las instalaciones estarán rodeadas por árboles que frenan el avance del viento, evitando esparcir cualquier olor desagradable que pueda ser liberado.

- **Emisión de gases del Horno:**

El horno pirolítico presupuestado ya cuenta con su propio sistema de tratamiento y depuración de gases y un sistema de monitoreo continuo de los gases emitidos el cual cumple con lo enunciado en el capítulo VI Artículo 33 del decreto provincial 6009.

Este sistema integra un proceso catalítico con la adsorción de carbón y un rápido enfriamiento de los gases de combustión. Esto tiene como resultado la disminución de los óxidos de nitrógenos (NO_x), las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y los dibenzofuranos (PCDF), comúnmente conocidos como dioxinas y furanos, así como la eliminación de metales pesados que puedan ser liberados.

- **Generación de Residuos residuales:**

El proyecto se enfocará en minimizar la generación de residuos y maximizar la utilización de materiales y recursos. Los residuos sólidos y líquidos se clasificarán en cuatro categorías: residuos domésticos, industriales, peligrosos y material reciclable. Los residuos peligrosos se almacenarán temporalmente y se dispondrán mediante operadores autorizados. El material reciclable se gestionará a través de contratistas específicos o donaciones a la comunidad local. Los residuos generales asimilables a

residuos sólidos urbanos se depositarán en el circuito municipal de recolección de residuos sólidos urbanos.

- **Efluentes:**

Para los efluentes generados en la planta se dimensionó y presupuestó una cámara de efluentes para dejar el líquido en condiciones de vuelco a colectora cloacal como se explicó en el capítulo sobre Tratamiento de efluentes y lixiviados.

- **Tráfico de vehículos:**

Se busca restringir la circulación de los vehículos de transporte de residuos a rutas previamente establecidas, buscando minimizar las distancia y reducir el consumo de combustible, como así también no dificultar el tráfico en zonas urbanas.

- **Contacto directo con RRPP**

Se capacita al personal en la manipulación segura de residuos patológicos y se promueve la concienciación sobre la importancia de seguir procedimientos adecuados. Además, se implementan medidas de seguridad en el trabajo para proteger a los trabajadores contra posibles exposiciones a riesgos químicos y biológicos.

- **Aceptación ciudadana**

Se busca establecer canales de comunicación efectiva con la comunidad local para informar sobre las actividades de la planta y abordar cualquier inquietud o queja.

3 BIBLIOGRAFÍA

- *Iberdrola S.A.* (s.f.). Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-la-bioseguridad>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/evaluacion-de-impacto-ambiental#:~:text=La%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20Impacto%20Ambienta,a%20la%20toma%20de%20decisi%C3%B3n>
- Benavidez, R.; Fontanini, P.; Cerana, J.; Duarte, O.; Rivarola, S.; Diaz. (2002). Medición de la conductividad hidráulica saturada en suelos arroceros de Entre Ríos y Corrientes.
- Blue Ketchep. (s.f.). *Deflection App*. Obtenido de <https://deflection.app/>
- Cifras. (11 de 2023). *Medios Cifras*. Obtenido de Revista CIFRAS Digital e Interactiva 332: <https://www.cifrasonline.com.ar/revista-cifras-digital-interactiva-332-noviembre-2023/>
- Comité institucional de bioseguridad. (s.f.). *Facultad de Medicina- Clinica alemana universidad del desarrollo*. Obtenido de <https://medicina.udd.cl/sobre-la-facultad/comite-institucional-de-bioseguridad/definicion-de-bioseguridad/>
- Copeland. (s.f.). *Manual de Refrigeración*.
- (s.f.). *Decreto 6009/0: Reglamento de la ley provincial 8880 en lo relativo a residuos potencialmente biopatógenicos*.
- *Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Entre Ríos*. (s.f.). Obtenido de <https://www.entrerios.gov.ar/dgec/>

- Dirección Hidraulica de Entre Rios. (s.f.). Obtenido de <https://www.hidraulica.gob.ar/ema.php?station=sansalvador&inf=evapotranspiracion>)
- E. Díaz, O. Duarte, J. Cerana y P. Fontanini. (2018). AJUSTE METODOLÓGICO EN LA MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA “INSITU” EN SUELOS VERTISOLES Y ENTISOLES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA MEDIANTE EL PERMEÁMETRO DE GUELPH.
- Energas. (s.f.). Obtenido de <https://www.enargas.gob.ar/secciones/eficiencia-energetica/consumo-artefactos.php>
- Enersa. (s.f.). *Cuadro tarifario*.
- Euskal S.A. (Diciembre de 2017). Sistema Integral de Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Biopatogénicos y Farmacéuticos. La Pampa, La Pampa, Argentina.
- Gambóia María, Arangue José Luis. (s.f.). *Tesis - Manejo de los desechos de los residuos patologicos*.
- Giles, R. V. (s.f.). *Mecánica de los fluidos e Hidraulica*.
- Gobierno de Entre Ríos. (1992). *Ley N°6260 de Prevención y Control de la Contaminación por parte de las Industrias*.
- *INESEM Revista digital*. (s.f.). Obtenido de <https://www.inesem.es/revistadigital/biosanitario/cadena->

epidemiologica/#:~:text=La%20cadena%20epidemiol%C3%B3gica%20es%20una,la%20cadena%20clave%20para%20enfermar.

- International Committee of the Red Cross. (2011). *Medical Waste Management*. Ginebra: ICRC.
- Junta de Castilla y León. (2010). *Manual Técnico de Diseño y Cálculo de Redes de Vapor*.
- KAESSER COMPRESORES. (15 de 02 de 2016). *VOLUMEN ADECUADO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA GARANTIZAR EL TIEMPO DE SERVICIO ESTIMADO DE LAS UNIDADES DE COMPRESIÓN*. Obtenido de <https://airecomprimidokaeser.com/index.php/2016/02/15/volumen-adecuado-del-tanque-de-almacenamiento/>
- (s.f.). *Ley 24.051 de Residuos Peligrosos*.
- Longoni Sebastián, Romero Alejo. (2022). *Tratamiento de Residuos Patogenicos*.
- Mataix, C. (s.f.). *Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas*.
- *Material Properties*. (s.f.). Obtenido de Material Properties: <https://material-properties.org/es/hormigon-densidad-capacidad-calorifica-conductividad-termica/>
- MTH S.R.L. (2023). *MTH*. Obtenido de <https://mthsr.com.ar/paneles-aislantes/>

- Municipalidad de Paraná. (2006). *Código urbano de la municipalidad de Paraná*. Paraná: Ordenanza N°8563.
- Municipalidad de Paraná. (s.f.). *Informe de Avance Anteproyecto relleno sanitario Región nodo Paraná*.
- Municipalidad de Paraná. (s.f.). *Informe Residuos Biopatogenicos*.
- Pablo G. FONTANINI, Jorge A. CERANA, Oscar DUARTE. (2003). CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN SUELOS.
- PARKER. (s.f.). *Sistemas de tuberías avanzados para fluidos industriales*.
Obtenido de <https://www.parker.com/Literature/LPCE/New%20PDFs/CAT%20T0061%20ES.pdf>
- Redengas. (11 de 2023). Obtenido de <https://www.redengas.com.ar/documentos/Tarifas%20RDG%20May-23.pdf>
- (s.f.). *Reglamento de obras sanitarias de la Nación*.
- Scoda, S. (s.f.). *Manual práctico de ventilación*.
- Spirax Sarco. (1999). *Guía de referencia técnica: distribución del vapor*.
- Superintendencia de Riesgos de trabajo. (s.f.).
- Unidad de Gestión General de Operaciones Administración y Asuntos Legales de la Secretaría de Ambiente del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (2019). *Protocolo para el manejo de residuos patogénicos*.

- UTN Facultad Regional San Rafael . (2013). *PROYECTO FINAL: PLANTA PARA INCINERACIÓN DE RESIDUOS PATOLÓGICOS*. San Rafael.

4 ANEXOS

4.1 Anexo A – Tablas

4.1.1 Cómputo de materiales – Costos

4.1.1.1 Obra Civil

En referencia a lo brindado por la revista Cifras.

Porcentajes a restar	Instalación eléctrica	Instalación Sanitaria	Movimientos de tierra	Costo por m ² sin PAR sugerido
Nave industrial = Depósito Galpón	6,02%	9,43%	3,12%	\$ 341.284,85
Oficinas = Vivienda en duplex	4,89%	11,98%	-	\$ 599.488,89

Obra civil	Superficie [m ²]	Costo por metro cuadrado	Costo Total [\$]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
Nave industrial	1076,27	\$ 288.556,34	\$ 310.564.532,78	\$ 832.612,69	\$ 920.037,02
Oficinas	167,8	\$ 498.355,11	\$ 83.623.988,17	\$ 224.193,00	\$ 247.733,26
Predio	6394,75		\$ -	\$ -	\$ -
Predio sin edificación (calles)	5150,68	\$ 10.648,09	\$ 54.844.890,40	\$ 147.037,24	\$ 162.476,15

4.1.1.2 Instalación Vapor

Nombre	Tipo	Diámetro Nominal	Cantidad	Unidad	Cantidad total	Unidad'	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
Brida ANSI150 1"	Accesorio	DN25 (1")	9	Unidad	9	Unidad	\$ 22,50	\$ 202,50	\$ 223,76
Brida ANSI150 2"	Accesorio	DN50 (2")	6	Unidad	6	Unidad	\$ 30,81	\$ 184,86	\$ 204,27
Unión Doble	Accesorio	DN15 (1/2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 7,68	\$ 7,68	\$ 8,49
Eliminador de aire	Accesorio	DN15 (1/2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 23,32	\$ 23,32	\$ 25,77
Filtro	Accesorio	DN25 (1")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 20,55	\$ 20,55	\$ 22,71
Manometro	Accesorio	DN15 (1/2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 29,36	\$ 29,36	\$ 32,44
Caño sin costura 1" Sch.40	Caño	DN25 (1")	23099,076	mm	24	Metro	\$ 23,50	\$ 564,00	\$ 623,22
Caño sin costura 1/2" Sch.40	Caño	DN15 (1/2")	1036	mm	2	Metro	\$ 12,82	\$ 25,64	\$ 28,33
Caño sin costura 2" Sch.40	Caño	DN50 (2")	10013,309	mm	11	Metro	\$ 38,71	\$ 425,81	\$ 470,52
Codo 90° 1" Sch.40	Accesorio	DN25 (1")	4	Unidad	4	Unidad	\$ 13,48	\$ 53,90	\$ 59,56
Codo 90° 1/2" Sch.40	Accesorio	DN15 (1/2")	2	Unidad	2	Unidad	\$ 6,30	\$ 12,60	\$ 13,92
Codo 90° 2" Sch.40	Accesorio	DN50 (2")	5	Unidad	5	Unidad	\$ 10,83	\$ 54,15	\$ 59,84
Junta de expansión	Accesorio	DN25 (1")	2	Unidad	2	Unidad	\$ 275,67	\$ 551,34	\$ 609,23
Patín soporte colgante	Accesorio	DN25 (1")	7	Unidad	7	Unidad	\$ 45,00	\$ 315,00	\$ 348,08
Patín soporte colgante	Accesorio	DN50 (2")	2	Unidad	2	Unidad	\$ 53,52	\$ 107,04	\$ 118,28
Junta de expansión	Accesorio	DN50 (2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 363,96	\$ 363,96	\$ 402,18
Soporte de tubería	Accesorio	DN25 (1")	3	Unidad	3	Unidad	\$ 18,65	\$ 55,95	\$ 61,82
Soporte de tubería	Accesorio	DN50 (2")	2	Unidad	2	Unidad	\$ 22,54	\$ 45,08	\$ 49,81
Tee reducción 1"x1"x1/2" Sch.40	Accesorio	DN25 (1")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 4,26	\$ 4,26	\$ 4,71
Válvula Esférica	Válvula	DN15 (1/2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 54,70	\$ 54,70	\$ 60,44
Válvula Esférica	Válvula	DN25 (1")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 69,70	\$ 69,70	\$ 77,02
Válvula Esférica	Válvula	DN50 (2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 120,00	\$ 120,00	\$ 132,60
Válvula Globo	Válvula	DN25 (1")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 208,67	\$ 208,67	\$ 230,58
Válvula Globo	Válvula	DN50 (2")	1	Unidad	1	Unidad	\$ 553,20	\$ 553,20	\$ 611,29

4.1.1.3 Instalación Aire Comprimido

Marca	Nombre	Tipo	Diámetro Nominal	Cantidad	Unidad	Cantidad total	Unidad2	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
Parker	Tubo aluminio DN40	Tubo	DN40	72500	mm	13	Tubos	\$ 75,50	\$ 981,50	\$ 1.084,56
Parker	Tubo aluminio DN50	Tubo	DN50	4500	mm	1	Tubos	\$ 98,50	\$ 98,50	\$ 108,84
Parker	Unión de tubos DN40	Accesorio	DN40	12	Unidad	12	Unidad	\$ 10,15	\$ 121,80	\$ 134,59
Parker	Codo 90°	Accesorio	DN50	2	Unidad	2	Unidad	\$ 22,60	\$ 45,20	\$ 49,95
Parker	Codo 90°	Accesorio	DN40	10	Unidad	10	Unidad	\$ 18,40	\$ 184,00	\$ 203,32
Parker	Tee	Accesorio	DN50	1	Unidad	1	Unidad	\$ 53,50	\$ 53,50	\$ 59,12
Parker	Reductor	Accesorio	DN50-DN40	2	Unidad	2	Unidad	\$ 22,25	\$ 44,50	\$ 49,17
Parker	Válvula esférica	Accesorio	DN50	1	Unidad	1	Unidad	\$ 102,00	\$ 102,00	\$ 112,71
Parker	Válvula esférica	Accesorio	DN40	2	Unidad	2	Unidad	\$ 77,60	\$ 155,20	\$ 171,50
Micro	Filtro-Regulador-Lubricador	Accesorio	DN40	2	Unidad	2	Unidad	\$ 94,92	\$ 189,84	\$ 209,77

4.1.1.4 Instalación de Agua Potable

Marca	Nombre	Tipo	Diámetro Nominal	Cantidad	U.	Cantidad total	U.	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
CZERWENY	Bomba centrífuga ZETA 1 0,5HP	Bomba	-	2	Unidad	2	Unidad	\$ 395,82	\$ 791,64	\$ 874,76
CZERWENY	Bomba vertical multietapas BL2-11 1,5HP	Bomba	-	2	Unidad	2	Unidad	\$ 4.388,20	\$ 8.776,41	\$ 9.697,93
ACQUA SYSTEM	Codo 90° 1/2" Polipropileno	Accesorio	1/2"	10	Unidad	10	Unidad	\$ 0,54	\$ 5,40	\$ 5,97
ACQUA SYSTEM	Codo 90° 3/4" Polipropileno	Accesorio	3/4"	14	Unidad	14	Unidad	\$ 0,64	\$ 8,96	\$ 9,90
VIYILANT	Flotante boya NA	Accesorios	-	1	Unidad	1	Unidad	\$ 10,18	\$ 10,18	\$ 11,25
VIYILANT	Flotante boya NC	Accesorios	-	2	Unidad	2	Unidad	\$ 10,18	\$ 20,36	\$ 22,50
KÄRCHER	Hidrolavadora HD 6/15 C 11506270	Bomba	-	1	Unidad	1	Unidad	\$ 937,98	\$ 937,98	\$ 1.036,46
ACQUA SYSTEM	Reducción 1"x3/4" Polipropileno	Accesorio	1"	3	Unidad	3	Unidad	\$ 2,05	\$ 6,15	\$ 6,80
WATERPLAS T	Tanque 2000 litros	tanque	-	1	Unidad	1	Unidad	\$ 699,65	\$ 699,65	\$ 773,11
ROTOPLAS	Tanque cisterna 15000 litros	tanque	-	1	Unidad	1	Unidad	\$ 3.083,11	\$ 3.083,11	\$ 3.406,84
TECNO TANQUES	Tanque horizontal 15000 litros	tanque	-	1	Unidad	1	Unidad	\$ 8.355,62	\$ 8.355,62	\$ 9.232,96
ACQUA SYSTEM	Tee 1" Polipropileno	Accesorio	1"	5	Unidad	5	Unidad	\$ 2,65	\$ 13,24	\$ 14,62
ACQUA SYSTEM	Tee 1/2" Polipropileno	Accesorio	1/2"	3	Unidad	3	Unidad	\$ 1,85	\$ 5,55	\$ 6,13
ACQUA SYSTEM	Tee 3/4" Polipropileno	Accesorio	3/4"	2	Unidad	2	Unidad	\$ 2,34	\$ 4,68	\$ 5,17
ACQUA SYSTEM	Tubería recta 1" / Caño fusión DN 32	Caño	1"	2450	mm	1	Caños	\$ 7,30	\$ 7,30	\$ 8,07
ACQUA SYSTEM	Tubería recta 1/2" / Caño fusión DN20	Caño	1/2"	52500	mm	14	Caños	\$ 2,85	\$ 39,90	\$ 44,09
ACQUA SYSTEM	Tubería recta 3/4" / Caño fusión DN25	Caño	3/4"	72300	mm	19	Caños	\$ 4,12	\$ 78,28	\$ 86,50
ACQUA SYSTEM	Válvula Esférica	Válvula	1"	1	Unidad	1	Unidad	\$ 13,19	\$ 13,19	\$ 14,57
ACQUA SYSTEM	Válvula Esférica	Válvula	3/4"	3	Unidad	3	Unidad	\$ 10,15	\$ 30,45	\$ 33,65
ACQUA SYSTEM	Válvula Esférica	Válvula	1/2"	4	Unidad	4	Unidad	\$ 8,88	\$ 35,52	\$ 39,25

4.1.1.5 Instalación Eléctrica

Marca	Sección [mm ²]	Nombre	Tipo	Cantidad	Num. Ref.	Unidad	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
-	-	Jabalina Diámetro 3/4 x 1,5 metros de Cobre	Jabalina	7	-	Unidad	\$ 13,20	\$ 92,40	\$ 102,10
Prysmian	2,5	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	649,2	-	Metros	\$ 0,31	\$ 202,68	\$ 223,96
Prysmian	2,5	Bipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	589,2	-	Metros	\$ 1,38	\$ 810,74	\$ 895,87
Prysmian	2,5	Tripolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	60	-	Metros	\$ 2,26	\$ 135,42	\$ 149,64
Prysmian	4	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	278,5	-	Metros	\$ 0,20	\$ 56,15	\$ 62,04
Prysmian	4	Bipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	60	-	Metros	\$ 2,59	\$ 155,20	\$ 171,50
Prysmian	4	Tripolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	40	-	Metros	\$ 3,72	\$ 148,90	\$ 164,54
Prysmian	4	Tetrapolar Sintenax Valio	Conductor	178,5	-	Metros	\$ 4,80	\$ 856,80	\$ 946,76
Prysmian	6	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	138	-	Metros	\$ 1,20	\$ 165,50	\$ 182,87
Prysmian	6	Bipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	138	-	Metros	\$ 3,46	\$ 476,87	\$ 526,94
Prysmian	10	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	214	-	Metros	\$ 2,81	\$ 602,20	\$ 665,43
Prysmian	10	Tripolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	2	-	Metros	\$ 8,00	\$ 16,00	\$ 17,68
Prysmian	10	Tetrapolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	212	-	Metros	\$ 11,15	\$ 2.363,80	\$ 2.612,00
Prysmian	16	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	101,7	-	Metros	\$ 4,42	\$ 449,51	\$ 496,71
Prysmian	16	Tetrapolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	42,2	-	Metros	\$ 16,85	\$ 711,07	\$ 785,73
Prysmian	35	Tetrapolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	59,5	-	Metros	\$ 37,44	\$ 2.227,68	\$ 2.461,59
Prysmian	50	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	2	-	Metros	\$ 13,88	\$ 27,76	\$ 30,67
Prysmian	95	Tripolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	2	-	Metros	\$ 62,61	\$ 125,22	\$ 138,37
Prysmian	120	PE - Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	100	-	Metros	\$ 28,50	\$ 2.850,00	\$ 3.149,25
Prysmian	240	Unipolar Sintenax Valio - Cobre	Conductor	400	-	Metros	\$ 56,86	\$ 22.744,00	\$ 25.132,12
Prysmian	35	Unipolar sin aislación - Cobre	Conductor	52,5	-	Metros	\$ 10,13	\$ 531,83	\$ 587,67
Schneider Electric	-	Bloque de corte ComPacT NSX400N 50kA AC 4P 400A	Protección	1	C40N4	Unidad	\$ 4.205,58	\$ 4.205,58	\$ 4.647,17
Schneider Electric	-	Unidad de control ComPacT NSX400 AC 4P4R 400A Micrologic	Protección	1	C4045E400	Unidad	\$ 4.193,69	\$ 4.193,69	\$ 4.634,03
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 C120N; 4P; 100 A; curva C; 10000	Protección	2	A9N18374	Unidad	\$ 797,89	\$ 1.595,78	\$ 1.763,34
Schneider Electric	-	VIGI C120 125A 4P 30 MA A ADAPTABLE RESI	Protección	2	A9N18578	Unidad	\$ 1.113,07	\$ 2.226,14	\$ 2.459,88
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 50 A; curva C; 6000	Protección	4	A9F79450	Unidad	\$ 618,38	\$ 2.473,52	\$ 2.733,24
Schneider Electric	-	Vigi iC60 4P 63A 30mA A	Protección	2	A9V21463	Unidad	\$ 782,93	\$ 1.565,86	\$ 1.730,28
Schneider Electric	-	TransferPacT Active Automatic, 250A, 400V, 4P, tamaño 250A	Protección	1	TA25D4L2504TPE	Unidad	\$ 6.073,35	\$ 6.073,35	\$ 6.711,05
Schneider Electric	-	Vigi iC60 4P 63A 300mA A	Protección	2	A9V24463	Unidad	\$ 744,83	\$ 1.489,66	\$ 1.646,07
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 2P, 50 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-	Protección	1	A9F79250	Unidad	\$ 286,63	\$ 286,63	\$ 316,73
Schneider Electric	-	Vigi iC60 2P 63A 300mA A	Protección	1	A9V24263	Unidad	\$ 660,62	\$ 660,62	\$ 729,99
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 63 A; curva C; 6000	Protección	1	A9F79463	Unidad	\$ 656,00	\$ 656,00	\$ 724,88
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 3P; 10 A; curva C; 6000	Protección	1	A9F79310	Unidad	\$ 155,47	\$ 155,47	\$ 171,79
Schneider Electric	-	Quick Vigi iC60 3P 25A 300mA A	Protección	2	A9Q24325	Unidad	\$ 482,03	\$ 964,06	\$ 1.065,29
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 16 A; curva C; 6000	Protección	2	A9F79416	Unidad	\$ 219,24	\$ 438,48	\$ 484,52
Schneider Electric	-	Quick Vigi iC60 4P 25A 300mA A	Protección	2	A9Q24425	Unidad	\$ 570,74	\$ 1.141,48	\$ 1.261,34
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 32 A; curva C; 6000	Protección	2	A9F79432	Unidad	\$ 243,81	\$ 487,62	\$ 538,82
Schneider Electric	-	Bloque diferencial; Acti9 Quick Vigi iC160; 4P; 40 A; 300 mA; AC	Protección	2	A9Q14440	Unidad	\$ 434,44	\$ 868,88	\$ 960,11
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC60L, 3P, 16 A, MA curva, 15000 A (IEC	Protección	1	A9F90316	Unidad	\$ 484,94	\$ 484,94	\$ 535,86
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 10 A; curva C; 6000	Protección	1	A9F79410	Unidad	\$ 216,73	\$ 216,73	\$ 239,49
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 16 A; curva C; 6000	Protección	1	A9F79216	Unidad	\$ 107,09	\$ 107,09	\$ 118,33
Schneider Electric	-	Quick Vigi iC60 2P 25A 300mA A	Protección	1	A9Q24225	Unidad	\$ 467,15	\$ 467,15	\$ 516,20
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 20 A; curva C; 6000	Protección	1	A9F79420	Unidad	\$ 225,45	\$ 225,45	\$ 249,12

Schneider Electric	-	Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A	Protección	1	A9Q21425	Unidad	\$ 603,29	\$ 603,29	\$ 666,64
Schneider Electric	-	Interruptor automatico ComPacT NSXm160E 16kA AC 3P 160A TMD	Protección	1	C12E3TM160L	Unidad	\$ 1.229,17	\$ 1.229,17	\$ 1.358,23
Schneider Electric	-	Bloque de corte ComPacT NSX250F 36kA AC 4P 250A	Protección	1	C25F4	Unidad	\$ 2.411,07	\$ 2.411,07	\$ 2.664,23
Schneider Electric	-	Unidad de control ComPacT NSX250 AC 4P4R 250A TMD	Protección	1	C254TM250	Unidad	\$ 1.761,21	\$ 1.761,21	\$ 1.946,14
Schneider Electric	-	Limitador de sobrtensiones transitorias tipo 1+2; Acti9 IPRD1;	Protección	1	A9L16482	Unidad	\$ 800,38	\$ 800,38	\$ 884,42
Schneider Electric	-	Tapa plena, PrismaSeT G y P, 600mm/650mm (an.) x 50mm (alt.),	Envolvente	3	LVS03801	Unidad	\$ 36,28	\$ 108,84	\$ 120,27
Schneider Electric	-	Cubrebornes largos 4P NSX100-250 INV/INS	Envolvente	2	LV429518	Unidad	\$ 59,23	\$ 118,46	\$ 130,90
Schneider Electric	-	Tapa frontal, PrismaSeT P, para NSX/CVS250, fijación horizontal,	Envolvente	1	LVS03232	Unidad	\$ 76,46	\$ 76,46	\$ 84,49
Schneider Electric	-	Placa soporte, PrismaSeT G, para NSX/CVS /INS 250A, fijación	Envolvente	1	LVS03030	Unidad	\$ 60,58	\$ 60,58	\$ 66,94
Schneider Electric	-	Tapa, PrismaSeT G y P, 3 Módulos, para 600mm/650mm (an.)	Envolvente	2	LVS03203	Unidad	\$ 44,62	\$ 89,24	\$ 98,61
Schneider Electric	-	Carril modular, PrismaSeT G, 600mm (an.)	Envolvente	5	LVS03001	Unidad	\$ 38,67	\$ 193,35	\$ 213,65
Schneider Electric	-	Tapa, PrismaSet G y P, 5 módulos, para 600mm/650mm (an.)	Envolvente	1	LVS03205	Unidad	\$ 59,10	\$ 59,10	\$ 65,31
Schneider Electric	-	Lote de 12 realces +carril para NSXm	Envolvente	1	LVS04225	Unidad	\$ 156,68	\$ 156,68	\$ 173,13
Schneider Electric	-	Carril modular G/P,longitud 1,6m	Envolvente	1	LVS04226	Unidad	\$ 117,32	\$ 117,32	\$ 129,64
Schneider Electric	-	Carril modular, PrismaSeT G, regulable en profundidad para	Envolvente	1	LVS03002	Unidad	\$ 61,93	\$ 61,93	\$ 68,43
Schneider Electric	-	Tapa, PrismaSet G y P, 4 módulos, para 600mm/650mm (an.)	Envolvente	3	LVS03204	Unidad	\$ 51,40	\$ 154,20	\$ 170,39
Schneider Electric	-	Tapa plena, PrismaSeT G y P, 3 módulos, 600mm/650mm(an.) x 150	Envolvente	1	LVS03803	Unidad	\$ 42,87	\$ 42,87	\$ 47,37
Schneider Electric	-	Placa soporte, PrismaSeT G, para NSX/CVS/INS 630A, fijación	Envolvente	1	LVS03070	Unidad	\$ 138,89	\$ 138,89	\$ 153,47
Schneider Electric	-	Cubrebornes largos 4P NSX400/630 INV/INS	Envolvente	1	LV432594	Unidad	\$ 125,20	\$ 125,20	\$ 138,35
Schneider Electric	-	Tapa G NSX630 Hor.Fijo.Maneta	Envolvente	1	LVS03296	Unidad	\$ 72,55	\$ 72,55	\$ 80,17
Schneider Electric	-	Tapa G TransferPacT 100-250A, 11 Modulos	Envolvente	1	LVS03212	Unidad		\$ -	\$ -
Schneider Electric	-	Placa soporte G para TransferPacT 100-250A, 3/4 Polos	Envolvente	1	LVS03430	Unidad		\$ -	\$ -
Schneider Electric	-	Tapa plena, PrismaSeT G y P, 4 módulos, 600mm/650mm (an.) x	Envolvente	1	LVS03804	Unidad	\$ 50,43	\$ 50,43	\$ 55,73
Schneider Electric	-	Colector PE, 450mm (an.), serie Linergy TB	Envolvente	1	LVS04200	Unidad	\$ 102,23	\$ 102,23	\$ 112,96
Schneider Electric	-	Tapa plena, PrismaSeT G y P, 6 módulos, 600mm/650mm (an.) x	Envolvente	2	LVS03806	Unidad	\$ 65,55	\$ 131,10	\$ 144,87
Schneider Electric	-	Armario extensión, PrismaSeT G, IP30, 600mm (an.) x 1.730mm (alt.),	Envolvente	1	LVS08213	Unidad	\$ 1.283,49	\$ 1.283,49	\$ 1.418,26
Schneider Electric	-	Armario base, PrismaSeT G, IP30, 600mm (an.) x 1.720mm (alt.), 30	Envolvente	1	LVS08203	Unidad	\$ 1.604,33	\$ 1.604,33	\$ 1.772,78
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC40N, 3P+N, 25 A, C curva, 6000 A (IEC	Protección	3	A9P54725	Unidad	\$ 221,21	\$ 663,63	\$ 733,31
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC40F, 1P+N, 2 A, C curva, 6000 A (IEC	Protección	2	A9P53602	Unidad	\$ 95,64	\$ 191,28	\$ 211,36
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC40F; 1P+N; 6 A; curva C; 6000	Protección	3	A9P53606	Unidad	\$ 82,71	\$ 248,13	\$ 274,18
Schneider Electric	-	Caja estanca; Kaedra; Superficie; 1 Fila; 12 Módulos	Envolvente	2	13981	Unidad	\$ 102,15	\$ 204,30	\$ 225,75
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 1P+N, 50 A, C curva, 6000 A (IEC	Protección	2	A9F79650	Unidad	\$ 277,98	\$ 555,96	\$ 614,34
Schneider Electric	-	Acti9 iC40F - Interruptor magnetotérmico - 1P+N - 20A -	Protección	1	A9P53620	Unidad	\$ 80,67	\$ 80,67	\$ 89,14
Schneider Electric	-	Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC40F; 1P+N; 32 A; curva C; 6000	Protección	3	A9P53632	Unidad	\$ 85,86	\$ 257,58	\$ 284,63
Schneider Electric	-	Acti9 iC40F - Interruptor magnetotérmico - 1P+N - 25A -	Protección	8	A9P53625	Unidad	\$ 82,18	\$ 657,44	\$ 726,47
Schneider Electric	-	Acti9 iC40F - Interruptor magnetotérmico - 1P+N - 16A -	Protección	1	A9P53616	Unidad	\$ 78,33	\$ 78,33	\$ 86,55
Schneider Electric	-	Kaedra - Caja estanca - superficie - 2 filas - 24 mód. - IP65	Envolvente	2	13983	Unidad	\$ 174,23	\$ 348,46	\$ 385,05
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC40N, 3P+N, 20 A, C curva, 6000 A (IEC	Protección	4	A9P54720	Unidad	\$ 213,27	\$ 853,08	\$ 942,65
Schneider Electric	-	Magnetotérmico, Acti9 iC40N, 3P+N, 32 A, C curva, 6000 A (IEC	Protección	2	A9P54732	Unidad	\$ 230,69	\$ 461,38	\$ 509,82
Schneider Electric	-	Guardamotor; Acti9 P25M; 3P; 2;5 A; Curva K	Protección	1	21106	Unidad	\$ 196,48	\$ 196,48	\$ 217,11
Schneider Electric	-	Guardamotor; Acti9 P25M; 3P; 6;3 A; Curva K	Protección	1	21108	Unidad	\$ 196,48	\$ 196,48	\$ 217,11
Schneider Electric	-	Resi9 MP - Caja de distribución - Superficie - 2 fila - 24 mód.- Puerta	Envolvente	1	MIP10212	Unidad	\$ 80,29	\$ 80,29	\$ 88,72
Schneider Electric	-	Controlador de factor de potencia VarPlus Logic - VPL 6	Corrección FP	1	-	Unidad	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 552,50
Schneider Electric	-	Capacitor EasyLogic PFC 10,4 KVAr	Corrección FP	5	-	Unidad	\$ 60,76	\$ 303,80	\$ 335,70
Schneider Electric	-	Relés	Corrección FP	3	-	Unidad	\$ 170,45	\$ 511,35	\$ 565,04

4.1.1.6 Cámara Frigorífica

Marca	Nombre	Tipo	Cantidad	Unidad	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
INCON	Evaporador BST45-500DE	Equipo	4	Unidad	\$ 3.477,00	\$ 13.908,00	\$ 15.368,34
INCON	Condensador ITR 56-1410	Equipo	4	Unidad	\$ 2.827,00	\$ 11.308,00	\$ 12.495,34
DANFOSS	Compresor MLZ030T4A	Equipo	4	Unidad	\$ 4.727,12	\$ 18.908,48	\$ 20.893,87
DANFOSS	Válvula de expansión ETS 6 25	Equipo	4	Unidad	\$ 138,60	\$ 554,40	\$ 612,61
MTH	Panel Frigorífico espesor 100, 150, Piso y Puertas Frigoríficas	Inst.	1	Unidad	\$ 35.567,00	\$ 35.567,00	\$ 39.301,54
MTH	Tablero eléctrico-control	Inst.	1	Unidad	\$ 4.012,29	\$ 4.012,29	\$ 4.433,58

4.1.1.7 Ventilación

Marca	Nombre	Tipo	Cant.	Unidad	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
SODECA	Ventilador HCT/ATEX-100-4T-7.5/2G EX EB	Equipo	1	Unidad	\$ 1.567,89	\$ 1.567,89	\$ 1.732,52
NOVATUB	Campana de extracción	Equipo	1	Unidad	\$ 335,00	\$ 335,00	\$ 370,18
PUGLIESE	Extractor eólico 30"	Equipo	24	Unidad	\$ 145,55	\$ 3.493,20	\$ 3.859,99

4.1.1.8 Manipulación de Fardos

Marca	Nombre	Tipo	Cant.	Unidad	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]
AARDWOLF	Pinza para bloques AVBC-1100	Equipo	1	Unidad	\$ 2.564,99	\$ 2.564,99	\$ 2.834,31
LUSQTOFF	Aparejo Eléctrico N3	Equipo	1	Unidad	\$ 1.247,18	\$ 1.247,18	\$ 1.378,14
LUSQTOFF	Zorra Hidráulica de Palets	Equipo	1	Unidad	\$ 1.323,32	\$ 1.323,32	\$ 1.462,27
EMS	Cotización Construcción Riel	Estructura	1	Unidad	\$ 2.887,00	\$ 2.887,00	\$ 3.190,14
-	Perfil IPN 140	Estructura	12945	mm		\$ -	\$ -
-	Plancha 1/2" SAE 1010	Estructura	2	m ²		\$ -	\$ -
-	Plancha 3/8" SAE 1010	Estructura	2	m ²		\$ -	\$ -

4.1.1.9 Transporte – Flota propia

Marca	Nombre	Tipo	Cant.	Unidad	Costo unitario [USD]	Costo Total [USD]	Costo + IVA [USD]	Costo + IVA [\$]
LINDE	Autoelevador	Equipo	1	Unidad	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 38.675,00	\$ 14.425.775,00
IVECO	DAILY 55-170	Equipo	2	Unidad	\$ 105.714,29	\$ 211.428,57	\$ 233.628,57	\$ 87.143.457,14
LUDAMET	Carrocería VCL	Equipo	2	Unidad	\$ 18.214,86	\$ 36.429,72	\$ 40.254,84	\$ 15.015.056,11
TOYOTA	HILUX CAB - SIMPLE	Equipo	2	Unidad	\$ 63.428,57	\$ 126.857,14	\$ 140.177,14	\$ 52.286.074,29
LUDAMET	Carrocería camioneta	Equipo	2	Unidad	\$ 12.685,71	\$ 25.371,43	\$ 28.035,43	\$ 10.457.214,86
MOLDUMET	Contenedor para Residuos Patogénicos	Accesorio	450	Unidad	\$ 150,00	\$ 67.500,00	\$ 74.587,50	\$ 27.821.137,50
SYSTEL	BÁSCULA INDUSTRIAL DE PISO NEXA 150 KG	Equipo	4	Unidad	\$ 1.124,24	\$ 4.496,94	\$ 4.969,12	\$ 1.853.482,80

4.2 Anexo B - Planimetría