

PRODUCCIÓN DE  
ÁCIDO TEREFTÁLICO  
A PARTIR DE  
P-XILENO

PROYECTO FINAL DE GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA

COMBALE, Florencia

Julio 2020

Firma de los alumnos:

Apellido y Nombres:                      Combale, Florencia

Aceptado por Facultad Regional Villa María de la UTN, Villa María ,.....

Aprobada por su contenido y estilo.

Presidente del Tribunal:                      .....

Primer Miembro Vocal:                      .....

Segundo Miembro Vocal:                      .....

Nota final de aprobación:                      .....                      .....

## Agradecimientos

Este logro se lo debo sobre todo a mi familia, la cual me apoyo de forma incondicional durante todo el trayecto de mi carrera y después de ella haciendo que todo fuera mucho más fácil. Por otro lado, le agradezco a mi novio y a su familia que me brindaron cariño y calidez durante estos años, siendo así también parte de este proyecto.

En cuanto a mis amistades debo aclarar que nunca se han cansado de apoyarme y de darme el mayor de los cariños y deseos lo cual me impulsó a seguir trabajando para cumplir con uno de mis tantos objetivos.

Muchas Gracias.

## ÍNDICE

Agradecimientos .....	3
Índice de Ilustraciones.....	13
Índice de Gráficas .....	19
Índice de Tablas .....	20
<b>1 GENERALIDADES DEL PROYECTO .....</b>	<b>28</b>
1.1 Generalidades del Proyecto.....	29
1.2 Objetivos generales del proyecto .....	29
1.3 Objetivos específicos del proyecto.....	29
1.4 Generalidades del proyecto .....	29
<b>2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y SUS APLICACIONES, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS .....</b>	<b>31</b>
2.1 Introducción .....	32
2.1.1 Propiedades Físicas y Químicas .....	33
2.1.2 Antecedentes .....	34
2.1.3 Aplicaciones .....	35
2.1.4 Especificaciones del Ácido Tereftálico grado polímero .....	35
2.1.5 Toxicidad.....	36
2.2 Materias Primas e Insumos .....	36
2.2.1 Para xileno.....	37
2.2.2 Ácido Acético.....	38
2.2.3 Acetato de Cobalto .....	41
2.2.4 Acetato de Manganeso .....	41
2.2.5 Ácido Bromhídrico.....	42
2.2.6 Catalizador de Paladio sobre carbón activado.....	46
<b>3 ESTUDIO DE MERCADO .....</b>	<b>47</b>
3.1 Introducción .....	48
3.2 El mercado del ácido tereftálico.....	49
3.2.1 Producción de envases y empaques.....	49
3.2.2 Fibras (telas tejidas, cordeles, etc.).....	50
3.2.3 Contexto Internacional .....	52

3.2.4	Contexto Latinoamericano .....	66
3.2.5	Análisis del mercado argentino .....	68
3.2.6	Análisis de la oferta.....	71
3.2.7	Análisis de la Demanda.....	71
3.2.8	Perfil de la Industria Petroquímica Argentina en el año 2025.....	72
3.2.9	Análisis del Consumo Aparente .....	76
3.2.10	Análisis de Tendencia .....	78
3.3	Mercado de las materias primas .....	79
3.3.1	Para-Xileno.....	79
3.1.2	Ácido Acético.....	83
3.4	Análisis de precios .....	84
3.4.1	Análisis de precios del ácido tereftálico .....	84
3.4.2	Análisis de precios de materias primas .....	92
3.5	Análisis FODA.....	100
3.6	Conclusiones .....	102
<b>4</b>	<b>CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA PLANTA .....</b>	<b>105</b>
4	Introducción .....	106
4.1	Factores que determinan el tamaño del proyecto .....	107
4.1.1	Demanda.....	108
4.1.2	Materias Primas.....	114
4.1.3	Tecnología y Equipos.....	115
<b>5</b>	<b>LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.....</b>	<b>116</b>
5.1	Introducción .....	117
5.2	Determinación de la zona geográfica .....	117
5.2.1	Disponibilidad de parques industriales y servicios .....	119
5.2.2	Disponibilidad de Mano de Obra .....	121
5.2.3	Disponibilidad de Transporte .....	122
5.2.4	Micro localización.....	123
5.3	Método de las Puntuaciones Ponderadas.....	124
5.4	Centro Industrial Ensenada .....	128
<b>6</b>	<b>SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....</b>	<b>132</b>

6.1	Procesos.....	133
6.2	Breve descripción de los procesos.....	134
6.2.1	<b>Proceso Eatsman</b> .....	134
6.2.2	<b>Proceso Henkel II</b> .....	137
6.2.3	<b>Proceso Phillips/Rhone- Poulenc process (PRP)</b> .....	140
6.2.4	Proceso Amoco .....	141
6.3	Evaluación de los procesos .....	145
6.3.1	<b>Materias Primas</b> .....	146
6.3.2	Ruta general de los procesos .....	147
6.3.3	Descripción de los materiales para producir ácido tereftálico.....	148
6.3.4	Características de las tecnologías .....	150
6.3.5	Cálculo del potencial económico .....	158
6.4	Selección del Proceso.....	160
6.4.1	Tabla de decisión.....	160
6.5	Descripción detallada del Proceso Amoco .....	162
6.5.1	Principio del Proceso.....	162
6.5.2	Fabricación industrial .....	163
<b>7</b>	<b>BALANCE DE MASA Y ENERGÍA</b> .....	<b>168</b>
7.1	Introducción .....	169
7.2	Balance de masa .....	169
7.2.1	Esquema de proceso .....	169
7.2.2	Etapa de oxidación .....	177
7.2.3	Etapa de Purificación .....	186
7.2.4	Etapa de Recuperación .....	195
7.3	Balance de energía .....	209
7.3.1	Etapa de oxidación .....	210
7.3.2	Etapa de Purificación .....	221
7.3.3	Etapa de Recuperación .....	226
<b>8</b>	<b>DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS</b> .....	<b>242</b>
8.1	Introducción .....	243
8.2	Etapa de oxidación .....	246

8.2.1	Reactor de oxidación (R-101) .....	246
8.2.2	Diseño de tanques.....	268
8.2.3	Diseño de Cristalizadores.....	291
8.2.4	Diseño de Condensadores .....	318
8.2.5	Diseño y adopción del Secador Rotatorio D-101 .....	323
8.2.6	Diseño y adopción del Decantador centrífugo S-101 .....	330
8.3	Etapa de Purificación .....	337
8.3.1	Diseño de los tanques .....	337
8.3.2	Reactor de Hidrogenación (R-201) .....	348
8.3.3	Diseño de Cristalizadores.....	356
8.3.4	Diseño y adopción del Decantador centrífugo S-201 .....	374
8.3.5	Diseño y adopción del Secador Rotatorio D-201 .....	381
8.3.6	Diseño de Silo de almacenamiento de Ácido tereftálico purificado. SL-201.....	387
8.4	Etapa de Recuperación de Catalizador y del Disolvente.....	388
8.4.1	Diseño de las Columnas de Destilación .....	388
8.4.2	Diseño de intercambiadores .....	404
8.4.3	Diseño y adopción del Incinerador F-301 .....	417
8.4.4	Adopción del Filtro de manga FIL-301 .....	420
8.4.5	Diseño de tanques.....	422
8.4.6	Diseño del Reactor R-301 para la recuperación del catalizador.....	424
8.4.7	Diseño y adopción del Decantador centrífugo S-301 .....	435
8.5	Cálculo y adopción de bombas.....	443
8.5.1	Resumen de cálculos de bombas .....	444
8.6	Cálculo y adopción de compresores .....	465
8.7	Adopción de generadores de aire caliente (G-01/02).....	470
<b>9</b>	<b>SERVICIOS AUXILIARES.....</b>	<b>472</b>
9.1	Introducción .....	473
9.1.1	Vapor.....	473
9.1.2	Gas Natural.....	476
9.1.3	Agua .....	477
9.1.4	Energía Eléctrica .....	482

<b>10</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	487
10.1	Introducción	488
10.2	Control de la Materia Prima	489
10.3	Control de calidad del proceso productivo	492
10.4	Control de calidad del producto final	512
10.5	Registros	513
10.6	Técnicas	519
<b>11</b>	<b>TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b>	524
11.1	Introducción	525
11.2	Aspectos Legales	526
11.2.1	Legislación Nacional	526
11.3	Efluentes generados por la planta	532
11.3.1	Emisiones gaseosas	532
11.3.2	Efluentes Líquidos	540
<b>12</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>	546
12.1	Introducción	547
12.2	Descripción general de la distribución del predio	547
12.3	Descripción detallada de cada sector	551
12.3.1	Sector 1: estacionamiento	551
12.3.2	Sector 2: edificios de guardia	551
12.3.3	Sector 3: Zona de administración	552
12.3.4	Sector 4: Comedor	555
12.3.5	Sector 5: Vestuarios	555
12.3.6	Sector 6: Enfermería	556
12.3.7	Sector 7: Depósito	557
12.3.8	Sector 8: Recepción de materia prima	557
12.3.9	Sector 9: Área de Producción	558
12.3.10	Sector 10: Control de Calidad	559
12.3.11	Sector 11: Depósito y despacho del producto final	559
12.3.12	Sector 12: Taller de Mantenimiento	560
12.3.13	Sector 13: Sala de caldera	560



12.3.14	Sector 14: Sala de compresor .....	561
12.3.15	Sector 15: Torres de enfriamiento .....	561
12.3.16	Sector 16: Tratamiento de Efluentes .....	562
12.4	Materiales de las estructuras civiles .....	562
12.4.1	Paredes y pisos .....	562
12.4.2	Aberturas .....	562
12.4.3	Techos y cubiertas .....	564
12.4.4	Caminos internos .....	564
12.4.5	Cimentaciones para equipos y tanques de almacenamiento .....	567
<b>13</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....</b>	<b>571</b>
13.1	Introducción .....	572
13.2	Tableros .....	572
13.2.1	Tablero principal .....	573
13.2.2	Tableros seccionales .....	573
13.2.3	Bocas para alumbrado y tomacorrientes .....	576
13.3	Protección .....	576
13.3.1	Protección contra descargas eléctricas .....	577
13.4	Cálculo de luminarias y de consumo de potencia de equipos .....	578
13.4.1	Iluminación interior .....	578
13.4.2	Iluminación Exterior .....	588
13.4.3	Consumo de potencia de equipos .....	591
<b>14</b>	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL .....</b>	<b>596</b>
14.1	Introducción .....	597
14.2	Legislación Industrial .....	597
14.3	Política de higiene y seguridad .....	598
14.4	Gestión de Higiene y Seguridad .....	599
14.4.1	Estructura del departamento de higiene y seguridad .....	599
14.4.2	Responsabilidades del departamento de higiene y seguridad .....	599
14.5	Seguridad en el diseño .....	600
14.5.1	Proceso .....	600
14.5.2	Diseño de equipos .....	601

14.5.3	Metalurgia .....	602
14.5.4	Obras civiles y estructurales.....	603
14.5.5	Electricidad.....	604
14.5.6	Protección contra incendios.....	604
14.6	Seguridad en la construcción de la planta .....	605
14.7	Seguridad en la puesta en marcha .....	606
14.8	Seguridad en la operación .....	607
14.9	Seguridad en el mantenimiento .....	607
14.10	Seguridad en prevención, defensa y actuación.....	608
14.10.1	Orden y limpieza .....	608
14.10.2	Señalización .....	609
14.10.3	Protección colectiva .....	619
14.10.4	Protección individual.....	622
14.10.5	Selección y capacitación .....	630
14.10.6	Servicio de medicina laboral .....	631
14.10.7	Parada de planta .....	632
14.10.8	Procedimiento de extinción .....	632
14.10.9	Plan de emergencia y evacuación.....	634
14.10.10	Sistema de alarma.....	635
14.11	Seguridad medioambiental .....	636
14.11.1	Política medioambiental.....	637
14.11.2	Residuos sólidos.....	637
14.11.3	Efluentes líquidos.....	638
14.11.4	Emisiones gaseosas .....	638
14.12	Hojas de Datos .....	638
14.12.1	Sustancias de proceso.....	639
<b>15</b>	<b>ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL .....</b>	<b>685</b>
15.1	Introducción .....	686
15.2	Tipo de Sociedad.....	686
15.3	Denominación de la sociedad anónima .....	687
15.4	Organigrama, diseño de cargos y funciones del personal .....	687

15.4.1	Gerente General.....	689
15.4.2	Gerentes Departamentales.....	690
15.4.3	Jefes de servicio .....	697
15.4.4	Técnicos .....	699
15.4.5	Personal tercerizado .....	700
15.4.6	Organigrama.....	702
15.5	Puestos de trabajo de cada área .....	703
15.6	Diagrama de turnos .....	706
<b>16</b>	<b>ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO .....</b>	<b>710</b>
16.1	Introducción .....	711
16.2	Inversiones .....	711
16.2.1	Activos Fijos .....	712
16.2.2	Amortización y Depreciación de Bienes .....	724
16.2.3	Activos Nominales y Capital de trabajo.....	726
16.2.4	Inversión Total .....	727
16.3	Costos de Producción.....	728
16.3.1	Costos Directos .....	728
16.3.2	Costos Indirectos .....	731
16.3.3	Gastos Generales .....	733
16.3.4	Costos de Producción Total.....	735
16.4	Gasto de Financiación .....	736
16.5	Costo Total .....	737
16.5.1	Ventas.....	737
16.5.2	Gastos Fijos, Variables y Ventas.....	739
16.6	Evaluación Económica del Proyecto.....	742
16.6.1	Estado de Resultados.....	743
16.6.2	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) .....	745
16.6.3	Criterios de Evaluación .....	746
16.6.4	Valor Actual Neto (VAN).....	746
16.6.5	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	747
16.6.6	Período de Recuperación de la Inversión (PR).....	748

---

16.6.7	Tasa Interna de Rentabilidad del Capital Propio (TOR) .....	748
16.6.8	Análisis de Sensibilidad (AS) .....	749
17	Conclusiones .....	752
18	Bibliografía .....	754
19	Planimetría .....	757

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Fórmula del Ácido Tereftálico .....	32
Ilustración 2: Fórmula del Ácido Acético .....	39
Ilustración 3: : Mercado Global del PET (2011-2021).....	50
Ilustración 4: Producción Mundial de poliéster de fibra. ....	51
Ilustración 5: Capacidad Instalada de los principales productores .....	53
Ilustración 6: Capacidad Global por Región de la producción del TPA .....	54
Ilustración 7: Demanda Global de TPA.....	54
Ilustración 8: Importaciones y Exportaciones de PTA .....	55
Ilustración 9: Mayores Exportadores de Ácido Tereftálico y sus sales .....	56
Ilustración 10: Mayores Países Exportadores de TPA .....	56
Ilustración 11: Mayores Países Exportadores de TPA y sus Sales en toneladas .....	57
Ilustración 12: Mayores Países Importadores de Ácido Tereftálico y sus sales.....	59
Ilustración 13: Mayores países Importadores de TPA y sus sales.....	59
Ilustración 14: Producción de TPA en China .....	60
Ilustración 15: Precio del TPA en China .....	61
Ilustración 16: Demanda, Capacidad instalada de TPA en India .....	62
Ilustración 17: Capacidad Europea de PTA.....	64
Ilustración 18: Consumo de PTA en Europa .....	65
Ilustración 19: Capacidad Instalada de PTA en la región de Norteamérica .....	66
Ilustración 20: Comparación año 2010 y 2025 del consumo aparente. ....	75
Ilustración 21: Ficha Comercial del ácido acético.....	79
Ilustración 22: Producción, Capacidad y ratio de operación del Para xileno .....	82
Ilustración 23: Ficha Comercial del ácido acético.....	83
Ilustración 24: Precio nominal del barril de referencia del petróleo.....	91
Ilustración 25: Ficha Comercial del p-xileno .....	92
Ilustración 26: Ficha Comercial del ácido acético .....	93
Ilustración 27: Empresas petroquímicas .....	118
Ilustración 28: Parques industriales del País .....	120

Ilustración 29: Distribución geográfica de los parques industriales .....	123
Ilustración 30: Lugar geográfico de Centro Industrial La Ensenada .....	128
Ilustración 31: Loteo en Centro Industrial La Ensenada .....	129
Ilustración 32: Loteo de la superficie disponible.....	130
Ilustración 33: Diagrama de Flujo del Proceso de producción Eastman .....	135
Ilustración 34: Proceso Henkel II para la producción del Ácido Tereftálico .....	138
Ilustración 35: Diagrama de Flujo del Proceso de producción Henkel II.....	139
Ilustración 36: Pasos del proceso PRP.....	140
Ilustración 37: Reacción en el desproporcionador.....	141
Ilustración 38: Reacción de metatesificación .....	141
Ilustración 39: Diagrama de Flujo del Proceso Amoco .....	143
Ilustración 40: Características de las sustancias del proceso Henkel II.....	148
Ilustración 41: Características de las sustancias del proceso Amoco .....	149
Ilustración 42: Características de las sustancias del proceso Eastman .....	149
Ilustración 43: Características de las sustancias involucradas en el proceso PRP..	150
Ilustración 44: Tabla de Propiedades- Materiales del Proceso .....	162
Ilustración 45: Reacción de oxidación.....	164
Ilustración 46: Diagrama Etapa de Oxidación .....	169
Ilustración 47: Diagrama de Etapa de purificación .....	170
Ilustración 48: Diagrama Etapa de purificación .....	170
Ilustración 49: Reacción de purificación .....	188
Ilustración 50: Regímenes de reacción .....	247
Ilustración 51 : Tipos de reactores y sus características .....	249
Ilustración 52: Coeficientes de Transferencia .....	249
Ilustración 53: Tipos de reactor según tipo de reacción .....	250
Ilustración 54: Representación de un Reactor Tanque Agitado .....	251
Ilustración 55: Tipos de Motores .....	258
Ilustración 56: Dimensiones del motor.....	259
Ilustración 57: Tipos de moto reductor.....	260

Ilustración 58: Montaje y dimensiones del moto reductor .....	261
Ilustración 59: Dimensiones del moto reductor .....	261
Ilustración 60 .....	284
Ilustración 61 .....	284
Ilustración 62: .....	284
Ilustración 63 .....	285
Ilustración 64 .....	285
Ilustración 65 .....	286
Ilustración 66 .....	286
Ilustración 67 .....	297
Ilustración 68 .....	298
Ilustración 69 .....	299
Ilustración 70 .....	299
Ilustración 71 .....	299
Ilustración 72 .....	306
Ilustración 73 .....	307
Ilustración 74 .....	308
Ilustración 75 .....	308
Ilustración 76 .....	309
Ilustración 77 .....	315
Ilustración 78 .....	315
Ilustración 79 .....	316
Ilustración 80 .....	316
Ilustración 81 .....	317
Ilustración 82 .....	325
Ilustración 83 .....	326
Ilustración 84 .....	326
Ilustración 85 .....	329
Ilustración 86 .....	330

Ilustración 87 .....	331
Ilustración 88 .....	334
Ilustración 89 .....	335
Ilustración 90 .....	336
Ilustración 91 .....	336
Ilustración 92 .....	342
Ilustración 93 .....	342
Ilustración 94 .....	343
Ilustración 95 .....	343
Ilustración 96 .....	344
Ilustración 97 .....	351
Ilustración 98 .....	352
Ilustración 99 .....	362
Ilustración 100 .....	362
Ilustración 101 .....	363
Ilustración 102 .....	363
Ilustración 103 .....	364
Ilustración 104 .....	370
Ilustración 105 .....	371
Ilustración 106 .....	372
Ilustración 107 .....	372
Ilustración 108 .....	375
Ilustración 109 .....	376
Ilustración 110 .....	378
Ilustración 111 .....	380
Ilustración 112 .....	380
Ilustración 113 .....	381
Ilustración 114 .....	382
Ilustración 115 .....	383



Ilustración 116 .....	383
Ilustración 117 .....	386
Ilustración 118 .....	418
Ilustración 119 .....	421
Ilustración 120 .....	422
Ilustración 121 .....	431
Ilustración 122 .....	432
Ilustración 123 .....	433
Ilustración 124 .....	433
Ilustración 125 .....	434
Ilustración 126 .....	436
Ilustración 127 .....	437
Ilustración 128 .....	439
Ilustración 129 .....	441
Ilustración 130 .....	441
Ilustración 131 .....	442
Ilustración 132: Ecuaciones para el diseño de Bombas .....	443
Ilustración 133 .....	468
Ilustración 134 .....	468
Ilustración 135 .....	469
Ilustración 136 .....	469
Ilustración 137 .....	470
Ilustración 138 .....	471
Ilustración 139: Funcionamiento de la Caldera .....	475
Ilustración 140: Representación de la caldera .....	476
Ilustración 141: Modelos de Calderas y dimensiones .....	476
Ilustración 142: Tipos de torres de enfriamiento y dimensiones .....	480
Ilustración 143: Dimensiones de la torre de enfriamiento .....	481
Ilustración 144: Modelos de torres de enfriamiento .....	481

Ilustración 145: Cromatógrafo Gaseoso .....	519
Ilustración 146: Equipo de electroforesis .....	523
Ilustración 147: Límites admisibles de descargas.....	530
Ilustración 148: Continuación de Límites admisibles de descarga.....	531
Ilustración 149: Continuación de Límites admisibles de descarga.....	531
Ilustración 150: Límites de vertidos en el área metropolitana bonaerense.....	532
Ilustración 151: Fuentes de Emisiones Gaseosas y factores del proceso .....	533
Ilustración 152: Representación de la Columna de gases.....	539
Ilustración 153: Modelos de columna y dimensiones.....	539
Ilustración 154: Características del Efluente líquido generado .....	540
Ilustración 155: Representación de una pileta API.....	542
Ilustración 156: Representación de un filtro anaeróbico .....	544
Ilustración 157: Representación de las bolsas de embalaje .....	560
Ilustración 158: Ejemplo de pedestal y zapata octogonal.....	567
Ilustración 159: Ejemplo de Cimentación tanques esféricos .....	568
Ilustración 160: Cimentación tanques horizontales e intercambiadores de calor ...	569
Ilustración 161: Cimentación de una bomba. ....	570
Ilustración 162: Representación de la iluminaria interior.....	578
Ilustración 163: Especificaciones técnicas de la luminaria .....	579
Ilustración 164: Planos y medidas con tubos fluorescente de 36 W.....	579
Ilustración 165: Iluminación exterior .....	588
Ilustración 166: Datos técnicos de la luminaria.....	589
Ilustración 167: Colores de Cañerías según Norma IRAM 2507 .....	618
Ilustración 168: Representación de tarjeta de seguridad .....	619
Ilustración 169: Representación de zona contra incendios.....	621
Ilustración 170: Organigrama de Departamentos .....	702
Ilustración 171: Organigrama del personal.....	703

## Índice de Gráficas

Gráfica 1: Demanda del TPA en el 2020.....	58
Gráfica 2: Exportaciones de PTA de Brasil.....	68
Gráfica 3: Importaciones de Argentina de TPA .....	69
Gráfica 4: Importaciones por país de origen los últimos 5 años.....	70
Gráfica 5: Consumo Aparente del PTA en Argentina .....	77
Gráfica 6: Demanda del p-xileno comparada con los isómeros del mismo. ....	80
Gráfica 7: Precio CIF histórico anual. ....	87
Gráfica 8: Precio histórico anual del barril de petróleo Brent. ....	87
Gráfica 9: Precio CIF del ácido acético, curva suavizada y curva de tendencia .....	95
Gráfica 10: Valores extremos de la serie .....	97
Gráfica 11: Precio CIF del ácido acético serie final y su proyección.....	100
Gráfica 12: Demanda insatisfecha .....	110
Gráfica 13: Representación de Activos Fijos .....	724
Gráfica 14: Representación de los Activos Nominales .....	727
Gráfica 15: Representación de Costos Directos .....	731
Gráfica 16: Representación de los Costos Totales de Producción .....	736
Gráfica 17: Evolución de ventas.....	739
Gráfica 18: Relación Costos-Ingresos .....	742
Gráfica 19: Flujo de Fondos de Proyecto .....	745
Gráfica 20: Variación de la TIR con el precio de venta .....	750
Gráfica 21: Variación de la VAN con el precio de venta .....	751

## Índice de Tablas

Tabla 1: Constantes físicas del Ácido Tereftálico .....	34
Tabla 2: Especificaciones del Ácido Tereftálico .....	36
Tabla 3: Características del Para xileno.....	37
Tabla 4: Características del Ácido Acético .....	39
Tabla 5: Características del Acetato de Manganeso .....	42
Tabla 6: Exportaciones de PTA de Brasil con datos obtenidos de Scavage.com.....	67
Tabla 7: Importaciones Argentinas de PTA expresadas en valores y cantidades ....	68
Tabla 8: Cantidad importada de TPA por distribución geográfica (Scavage).....	70
Tabla 9: Consumo Aparente a través de los años .....	76
Tabla 10: Precio histórico anual del barril de petróleo BRENT.....	85
Tabla 11: Precio CIF histórico anual del TPA.....	86
Tabla 12: Correlación de los datos de la Tabla 5 y de la Tabla 6.....	88
Tabla 13: Precio CIF del Ácido acético y curva suavizada .....	94
Tabla 14: Diferencia entre la Curva suavizada y la Curva de tendencia.....	96
Tabla 15: Media y Desviación estándar de la serie libre de tendencia .....	96
Tabla 16: Precio CIF serie final del ácido acético .....	98
Tabla 17: Tendencia del precio del ácido acético según serie final.....	98
Tabla 18: Precio proyectado del ácido acético .....	99
Tabla 19: Demanda del TPA .....	109
Tabla 20: Datos del proyecto .....	112
Tabla 21: Plan de Producción por año .....	113
Tabla 22: Ponderación de Factores.....	127
Tabla 23: Características de la tecnología Amoco .....	152
Tabla 24: Características de la Tecnología Eastman .....	154
Tabla 25: Características de la Tecnología Henkel II.....	155
Tabla 26: Características de la tecnología PRP .....	157
Tabla 27: Decisión de proceso.....	161
Tabla 28: Referencia de las corrientes.....	174

Tabla 29: Referencia de los equipos .....	177
Tabla 30: Referencia de equipos.....	245
Tabla 31 .....	253
Tabla 32 .....	255
Tabla 33 .....	255
Tabla 34 .....	256
Tabla 35 .....	257
Tabla 36 .....	262
Tabla 37 .....	263
Tabla 38 .....	265
Tabla 39 .....	268
Tabla 40 .....	269
Tabla 41 .....	270
Tabla 42 .....	271
Tabla 43 .....	272
Tabla 44 .....	273
Tabla 45 .....	274
Tabla 46 .....	274
Tabla 47 .....	276
Tabla 48 .....	276
Tabla 49 .....	277
Tabla 50 .....	277
Tabla 51 .....	279
Tabla 52 .....	279
Tabla 53 .....	280
Tabla 54 .....	281
Tabla 55 .....	282
Tabla 56 .....	287
Tabla 57 .....	288

Tabla 58 .....	289
Tabla 59 .....	291
Tabla 60 .....	292
Tabla 61 .....	293
Tabla 62 .....	294
Tabla 63 .....	295
Tabla 64 .....	296
Tabla 65 .....	296
Tabla 66 .....	300
Tabla 67 .....	301
Tabla 68 .....	301
Tabla 69 .....	303
Tabla 70 .....	304
Tabla 71 .....	305
Tabla 72 .....	305
Tabla 73 .....	309
Tabla 74 .....	310
Tabla 75 .....	310
Tabla 76 .....	312
Tabla 77 .....	312
Tabla 78 .....	313
Tabla 79 .....	314
Tabla 80 .....	317
Tabla 81 .....	318
Tabla 82 .....	318
Tabla 83 .....	321
Tabla 84 .....	323
Tabla 85 .....	324
Tabla 86 .....	337

Tabla 87 .....	339
Tabla 88 .....	339
Tabla 89 .....	340
Tabla 90 .....	344
Tabla 91 .....	345
Tabla 92 .....	350
Tabla 93 .....	352
Tabla 94 .....	353
Tabla 95 .....	354
Tabla 96 .....	357
Tabla 97 .....	359
Tabla 98 .....	359
Tabla 99 .....	360
Tabla 100 .....	360
Tabla 101 .....	364
Tabla 102 .....	365
Tabla 103 .....	365
Tabla 104 .....	367
Tabla 105 .....	368
Tabla 106 .....	368
Tabla 107 .....	369
Tabla 108 .....	373
Tabla 109 .....	374
Tabla 110 .....	382
Tabla 111 .....	391
Tabla 112 .....	394
Tabla 113 .....	397
Tabla 114 .....	399
Tabla 115 .....	402

Tabla 116 .....	404
Tabla 117 .....	407
Tabla 118 .....	407
Tabla 119 .....	410
Tabla 120 .....	413
Tabla 121 .....	416
Tabla 122 .....	423
Tabla 123 .....	424
Tabla 124 .....	425
Tabla 125 .....	426
Tabla 126 .....	428
Tabla 127 .....	429
Tabla 128 .....	430
Tabla 129 .....	430
Tabla 130 .....	434
Tabla 131 .....	434
Tabla 132 .....	448
Tabla 133 .....	450
Tabla 134 .....	452
Tabla 135 .....	454
Tabla 136 .....	456
Tabla 137 .....	458
Tabla 138 .....	460
Tabla 139 .....	462
Tabla 140 .....	464
Tabla 141 .....	467
Tabla 142 .....	467
Tabla 143 .....	467
Tabla 144: Vapor requerido en cada etapa .....	474



Tabla 145: Datos de la caldera adoptada .....	475
Tabla 146: Agua requerida .....	478
Tabla 147: Energía Eléctrica consumida .....	486
Tabla 148: Características de las materias primas .....	489
Tabla 149: Plan de control para las materias primas .....	491
Tabla 150: Plan de control para el proceso.....	510
Tabla 151: Especificaciones de Calidad del Producto.....	512
Tabla 152: Registro PX .....	513
Tabla 153: Registro Ácido Acético .....	514
Tabla 154: Registro Ácido Acético Glacial.....	514
Tabla 155: Registro Acetato de Cobalto.....	515
Tabla 156: Registro de Acetato de Manganeso .....	515
Tabla 157: Registro de Ácido Bromhídrico.....	516
Tabla 158: Registro de Hidrógeno.....	516
Tabla 159: Registro Catalizador de Paladio .....	517
Tabla 160: Registro Ácido Tereftálico .....	518
Tabla 161: Ejemplo planilla de Registro de Equipos .....	518
Tabla 162: Sectores de la planta y sus dimensiones .....	551
Tabla 163 Dimensiones de los edificios de guardia .....	552
Tabla 164: Dimensiones de la zona de administración .....	553
Tabla 165: Dimensiones de la zona de enfermería.....	556
Tabla 166: Dimensiones de las zonas de depósito.....	557
Tabla 167: Dimensiones de la zona de producción .....	558
Tabla 168: Dimensiones de la zona de control de calidad.....	559
Tabla 169: Dimensiones de la zona de calderas .....	560
Tabla 170: Dimensiones de la zona de compresores .....	561
Tabla 171: Dimensiones de la zona de torres de enfriamiento.....	561
Tabla 172: Dimensiones zona de tratamientos de efluentes.....	562
Tabla 173: Tipos de aberturas y características .....	563

Tabla 174: Aberturas y dimensiones .....	563
Tabla 175: Estructuras de construcción y materiales.....	566
Tabla 176: Tableros Seccionales y comandas .....	575
Tabla 177: Factores de mantenimiento.....	580
Tabla 178: Necesidades de iluminación en el sector de guardia .....	582
Tabla 179: Necesidades de iluminación en el sector administrativo .....	584
Tabla 180: Necesidades de iluminación en el sector de comedor .....	584
Tabla 181: Necesidades de iluminación en el sector de vestuarios .....	584
Tabla 182: Necesidades de iluminación en el sector de enfermería .....	585
Tabla 183: Necesidades de iluminación en el sector de producción .....	586
Tabla 184: Necesidades de iluminación en el sector de Control de calidad.....	587
Tabla 185: Necesidades de iluminación en el sector de mantenimiento .....	587
Tabla 186: Necesidades de iluminación en el sector de calderas y compresores ...	588
Tabla 187: Luminarias externas en la vía de circulación.....	589
Tabla 188: Luminarias externas en el estacionamiento .....	590
Tabla 189: Luminarias externas varias .....	591
Tabla 190: Total de luminarias necesarias.....	591
Tabla 191: Consumo de potencia de equipos .....	595
Tabla 192: Riesgos Potenciales .....	601
Tabla 193: Consideraciones a la hora de diseñar equipos .....	602
Tabla 194: Consideraciones en el área de metalurgia.....	603
Tabla 196: Seguridad en la electricidad.....	604
Tabla 197: Seguridad contra incendios.....	605
Tabla 198: Puestos de trabajo en cada área .....	705
Tabla 199: Continuación puestos de trabajo.....	706
Tabla 200: Diagrama de turnos de trabajo.....	709
Tabla 201 .....	714
Tabla 202 .....	718
Tabla 203 .....	720

Tabla 204 .....	722
Tabla 205 .....	723
Tabla 206 .....	725
Tabla 207 .....	725
Tabla 208 .....	727
Tabla 209 .....	728
Tabla 210 .....	728
Tabla 211 .....	729
Tabla 212 .....	730
Tabla 213 .....	730
Tabla 214 .....	731
Tabla 215 .....	732
Tabla 216 .....	732
Tabla 217 .....	733
Tabla 218 .....	735
Tabla 219 .....	735
Tabla 220 .....	735
Tabla 221 .....	737
Tabla 222 .....	738
Tabla 223 .....	738
Tabla 224 .....	739
Tabla 225 .....	741
Tabla 226 .....	744
Tabla 227 .....	745
Tabla 228 .....	747
Tabla 229 .....	747
Tabla 230 .....	748
Tabla 231 .....	749
Tabla 232 .....	749

## **Capítulo I**

### **1 GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## 1.1 Generalidades del Proyecto

### 1.2 Objetivos generales del proyecto

- Determinar la factibilidad técnica y económica-financiera de producir Ácido Tereftálico en el país.
- Desarrollar y aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera y las habilidades del ingeniero químico para poder llevar a cabo una correcta toma de decisiones en lo que respecta al proyecto planteado.

### 1.3 Objetivos específicos del proyecto

- Definir mediante un estudio de mercado, las características de los proveedores de materias primas, de los consumidores del producto terminado, y los mercados que estos mismos integran, determinando la forma en que nuestro producto puede introducirse en ellos. De esta forma, y anticipando su evolución a lo largo del tiempo, tomar decisiones acertadas que tengan que ver con la capacidad a instalar y la localización de la planta.
- Realizar un estudio de todos los procesos que permiten la fabricación del Ácido Tereftálico, determinando en este caso en particular y teniendo en cuenta las decisiones tomadas con anterioridad, el método más conveniente.
- Diseñar los equipos e instalaciones industriales necesarias para llevar a cabo el proceso seleccionado, utilizando los métodos de ingeniería básica y de detalle.
- Determinar la distribución de las instalaciones en la planta mediante la realización de planos que presenten las dimensiones, ubicaciones específicas y generales de cada una.
- Analizar mediante un estudio económico y financiero la factibilidad de instalar dicha fábrica.

### 1.4 Generalidades del proyecto

El desarrollo del presente proyecto se realiza con el fin de evaluar la viabilidad técnico económica de instalar una planta productora de Ácido Tereftálico en el país, en una zona

que, según los análisis realizados, será la más adecuada para llevar a cabo dicha inversión.

Se pretende determinar el método de elaboración más productivo, teniendo en cuenta, entre otras cosas, la disponibilidad de materias primas e insumos, para obtener un producto competitivo en el mercado consumidor, relacionando las variables precio y calidad.

El interés en el producto nace debido a que tiene una gran demanda en la industria textil y plástica y no se produce en el país.

Teniendo en cuenta esto, en el Plan Estratégico Industrial 2020 – PEI 2020, modificado posteriormente como Plan 2025, que es una iniciativa en nuestro país, donde trabajadores, empresarios, universidades y representantes del sector público y privado, participaron en la definición de los objetivos a alcanzar por la industria argentina en 2025; se entiende a este producto como una de las principales importaciones en el sector.

Por lo tanto, se pretende con la realización de este proyecto, la sustitución de las compras en el exterior, por la producción en la industria argentina, con todos los beneficios que implica.

## **Capítulo II**

### **2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y SUS APLICACIONES, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS**

## 2.1 Introducción

El ácido tereftálico purificado, a menudo conocido simplemente como TPA (por sus siglas en inglés), tiene una gran demanda, ya que es la materia prima clave para fabricar fibra, resina y película de poliéster junto con otros materiales como el etilenglicol. Desde su descubrimiento, el mismo se ha convertido en uno de los productos químicos de gran volumen más importantes en el mundo teniendo en 2012 un consumo global de aproximadamente 47 millones de toneladas.

El ácido tereftálico es un ácido dicarboxílico aromático de fórmula  $C_6H_4-(COOH)_2$ . Este ácido se usa principalmente como precursor del poliéster PET, para hacer una variedad de artículos para el hogar, tales como botellas de plástico, ropa y recubrimientos. Es uno de los 3 isómeros del ácido ftálico.

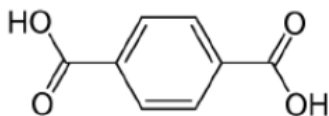


Ilustración 1: Fórmula del Ácido Tereftálico

Alrededor del 70% de ácido tereftálico utilizado en la fabricación de PET se produce a partir del proceso de oxidación de para-xileno. A demás de su uso en la fabricación de recipientes de porcelana y plástico, el ácido tereftálico también puede ser utilizado en otras aplicaciones tales como en la industria textil, como un portador en pinturas, y como una resina de revestimiento. (Klaus, 1978)

Los mayores productores de ácido tereftálico en comercial producción son British Petroleum (BP), BP Zhuhai Química Company (Ltd) y JBF Petroquímica Ltd., con una anual producción de ácido de más de 10 Mt. Todas las plantas se encuentran en Europa, América del Norte, México, Brasil, China e India. (Technip)



Los otros titulares de licencias principales para la producción de ácido tereftálico son DuPont, Dow Chemical, Mitsubishi Chemical, Eastman Química, Hitachi, Mitsui Chemicals, Interquisa y Grupo Petromex.

Actualmente el método más común utilizado para producir TPA es una tecnología llamada Proceso Amoco, en el que p-xileno se oxida en la presencia de un corrosivo promotor del catalizador. El promotor corrosivo requiere equipo costoso que este revestido con titanio u otras aleaciones.

### 2.1.1 Propiedades Físicas y Químicas

El ácido tereftálico cristaliza en agujas incoloras que subliman alrededor de los 300 °C (575 K), no forma anhídrido y es difícilmente soluble en agua y en los disolventes orgánico; ligeramente solubles en etanol caliente y piridina.

El ácido tiene sus dos grupos carboxilo en la posición para, en vez de la posición orto. Consecuentemente es estable; y manufacturado y vendido como tal. Exhibe las reacciones características de los ácidos di carboxílicos y esterés.

Su baja solubilidad y alto punto de fusión hace que sus reacciones sean más difíciles de llevarse a cabo que las reacciones de los otros ácidos. Reacciona con alcoholes simples en presencia de un catalizador ácido fuerte a temperaturas bajas y moderadas o sin catalizador a altas temperaturas.

El ácido tereftálico puede reaccionar con glicoles para formar polímeros para usarse en la fabricación de fibras y películas. Un gran número de sales del ácido han sido preparadas. Las sales de amonio, sodio y potasio son solubles en agua y proveen medio conveniente para la purificación del ácido para su uso en poliésteres.

LÍQUIDO	SÓLIDO
Punto de Congelación 427°C	Calor de Sublimación 142 Kj/mol
Punto Triple 427°C	Punto de Sublimación 404°C
	Calor Específico 1202 j/kg °K
	Densidad 1510 g/L
	Calor de Combustión 3223 Kj/mol
	Calor de formación -816 Kj/mol

Tabla 1: Constantes físicas del Ácido Tereftálico

### 2.1.2 Antecedentes

El ácido tereftálico fue originalmente descubierto por Rex Whinfiel en Inglaterra alrededor de 1940 junto con el dimetil-tereftalto, ambos son productos de gran importancia industrial, debido a que son intermediarios equivalentes en la fabricación de polietilen-tereftalato y otros materiales poliméricos. La fabricación del PET actuó como fuerza motriz para el ácido tereftálico e impulsó el desarrollo de los procesos industriales. (Na Cao, 2011)

No fue sino hasta la 2da Guerra Mundial cuando comenzó su producción a escala comercial. El polímero fue por primera vez fabricado a escala comercial en Inglaterra por Imperial Chemical Industries (ICI) en 1949 y en los Estados Unidos por Du Pont en 1953. Ambas compañías emplearon p-xileno que probablemente era convertido a ácido tereftálico por un proceso originalmente desarrollado por ICI de oxidación con ácido nítrico diluido.

Debido a que la resistencia de la molécula de p-xileno a la conversión a ácido tereftálico es una intrínseca barrera, se han desarrollado varias tecnologías al pasar los años para superar esta dificultad.

Actualmente se utiliza un proceso de oxidación catalítica homogénea directa, que consta de la oxidación en fase líquida de p-xileno en un disolvente con aire en presencia de un catalizador de metal en transición, dicho proceso es el dominante a nivel industrial para la fabricación del ácido. (Fadzil, 2014)

### 2.1.3 Aplicaciones

Casi todo el ácido tereftálico grado polímero es usado para fabricar polietilen-tereftalato (PET), el polímero básico empleado en la fabricación de fibras, películas y botellas. La película de poliéster, cuando es recubierta con una emulsión química se emplea en rayos-x y microfilmes; cuando se recubre en una emulsión magnética se usa en cintas de audio y video y cuando se recubre con un adhesivo se emplea para cintas de envoltura. La aplicación de más rápido crecimiento para el ácido tereftálico son las botellas de poliéster; transparentes, ligeras y resistentes y por lo tanto un sustituto ideal para las botellas de vidrio.

Pequeñas cantidades de ácido grado polímero son empleadas en aplicaciones diversas; por ejemplo, intermediarios en adhesivos, recubrimientos, resinas, etc.

El TPA es producido también en grados técnicos los cuales no son compatibles para usarse en la fabricación de PET. Generalmente un grado técnico es usado principalmente por el fabricante para producir ácido tereftálico grado-polímero. (Klaus, 1978)

### 2.1.4 Especificaciones del Ácido Tereftálico grado polímero

Pocas especificaciones son aplicadas al ácido Tereftálico grado técnico. Un mínimo contenido de ácido del 98,5% en peso, un máximo contenido de humedad del 0,5% en peso, y un mínimo número ácido de 670,0 mg KOH/g han sido usados como valores promedios.

A diferencia, el ácido tereftálico grado polímero (PTA) debe ajustarse a muchas especificaciones, debido a que se emplea para producir fibras poliéster, película y resina. No obstante, como los estándares industriales no han sido establecidos oficialmente, se tiene en cuenta el ácido tereftálico grado polímero producido por Amoco Chemical Corporation y

Mobil Chemical Company cumple con las especificaciones que se muestran en la siguiente Tabla.

<b>PROPIEDADES</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
<b>Número ácido, mg KOH/g</b>	6752
<b>Ceniza, ppm</b>	15 máx
<b>Total metales signif., ppm</b>	10 máx
<b>4-CPA, ppm</b>	25 máx.
<b>Humedad, % en peso</b>	0,5 máx.
<b>5% dimetilformamida sol. Color APHA</b>	10 máx.

Tabla 2: Especificaciones del Ácido Tereftálico

### 2.1.5 Toxicidad

El ácido tereftálico tiene un bajo orden de toxicidad.

Las pruebas realizadas en ratas a un nivel de exposición de 25 mg/m<sup>3</sup> durante 6 horas/días, 5 días/semanas durante semanas no produjeron fatalidades. El promedio para toxicidad aguda vía oral para ratas es mayor a 15g/kg. Las precauciones normales usadas en el manejo de productos químicos deben ser observadas con el PTA.

### 2.2 Materias Primas e Insumos

Para poder llevar a cabo la producción del ácido tereftálico purificado a través de la oxidación del p-xileno, las materias primas utilizadas son: el p-xileno, oxígeno y ácido acético; por lo que se mostrarán las propiedades físico-químicas y especificaciones que tendrán dichos compuestos.

### 2.2.1 Para xileno

El p-xileno es un solvente aromático, líquido incoloro e inflamable de olor característico suave. Es uno de los 3 isómeros del Xileno y además es la materia prima primordial en la síntesis de PTA y sus propiedades se indican a continuación.

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Peso Molecular g/mol</b>	106,16
<b>Punto de ebullición °C</b>	138,35
<b>Punto de Fusión °C</b>	13,2
<b>Punto de Inflamación °C</b>	25
<b>Densidad a 20°C (g/mL)</b>	0,8558
<b>Densidad de Vapor</b>	3,7
<b>Presión de Vapor a 20°C (mmHg)</b>	6,5
<b>Temperatura de autoignición °C</b>	528
<b>Temperatura Crítica °C</b>	359
<b>Calor de Combustión (8kj/mol)</b>	-4559,8

Tabla 3: Características del Para xileno

### 2.2.1.1 Seguridad

El para xileno es, principalmente, un químico industrial, por lo tanto, la mayor exposición humana se produce en las instalaciones industriales donde se lo manipula.

En general, se considera que el para xileno tiene baja toxicidad aguda según los niveles encontrados en el lugar de trabajo. La exposición a altos niveles de vapores del mismo puede provocar somnolencia y mareos, y el contacto con la piel y los ojos puede causar sequedad, enrojecimiento e irritación.

El para xileno puede causar daño pulmonar o neumonía química en caso de ser ingerido, tosido e inhalado en los pulmones.

Debido a que el mismo es inflamable, en las instalaciones industriales se lo manipula de manera segura, conforme a los procedimientos adecuados para evitar la exposición a posibles fuentes de ignición y ventilando las áreas de almacenamiento. Las instalaciones industriales también cuentan con procedimientos para evitar la liberación accidental de para xileno al medio ambiente y para almacenarlo en un sistema de contención adecuado en un lugar fresco y bien ventilado.

### 2.2.2 Ácido Acético

También conocido como ácido etanóico o metilencarboxílico. El ácido puro se denomina ácido acético glacial, debido a que se encuentra en forma de cristales similares al hielo. Es un líquido incoloro con un olor muy fuerte, picante y con unas propiedades físico-químicas que se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Valor
Fórmula química	CH <sub>3</sub> COOH
Peso Molecular g/mol	116,12

<b>Punto de Ebullición °C</b>	118
<b>Punto de Fusión °C</b>	16,6
<b>Densidad a 20°C g/mL</b>	1,05
<b>Temperatura de Autoignición °C</b>	485

Tabla 4: Características del Ácido Acético

### 2.2.2.1 Características

El ácido acético o etanoico es un ácido carboxílico débil. La fórmula principal es C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>. Esta fórmula representa dos carbonos, cuatro hidrógenos y dos oxígenos.

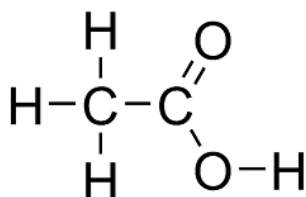


Ilustración 2: Fórmula del Ácido Acético

El ácido etanoico no tiene color, pero tiene un olor fuerte y agrio, muy parecido al vinagre. Es un producto químico inflamable, con un punto de inflamación de 39 grados Celsius o 104 grados Fahrenheit. Su punto de ebullición es de 118 grados centígrados.

El ácido acético se designa como un compuesto orgánico volátil.

Este ácido absorbe la humedad, por lo que se clasifica como higroscópico. Puede reaccionar poderosamente con bases o ácidos. En altas concentraciones también corroe el metal y degrada los plásticos y el caucho. Otros nombres comunes de ácido acético incluyen ácido vinílico, etílico, metanocarboxílico, ácido acético glacial y etanoico glacial.

#### *2.2.2.2 Aplicaciones*

Existen numerosos usos en múltiples áreas.

En la industria, hay amplios usos para el ácido etanoico o acético. Comúnmente sirve como reactivo químico en laboratorios, pero también a una escala industrial más grande.

En las empresas químicas, se utiliza como materia prima para hacer otros productos químicos.

Se utiliza en la fabricación de artículos de plástico como botellas y otros materiales sintéticos. También se usa en la fabricación de tintes, pigmentos y aditivos para pinturas y recubrimientos.

Este ácido también se utiliza como un disolvente limpiador y desengrasante. Se puede utilizar para grabar películas inorgánicas. Se usa comúnmente en materiales fotográficos como películas y soluciones químicas. También se usa en la industria del petróleo y se usa para chapar y tratar superficies, como en automóviles. Además, se utiliza comúnmente en la producción de productos farmacéuticos.

En la industria alimentaria, y en concentraciones más bajas se utiliza como aditivo alimentario, saborizante y conservante. Regula la acidez de los alimentos.

#### *2.2.2.3 Seguridad*

En líneas generales el ácido acético con el que se tiene contacto en vinagre y otras soluciones se halla en tan bajas concentraciones que no es riesgoso en absoluto.

Sin embargo, en concentraciones altas, se trata de un irritante capaz de causar quemaduras en la piel, daño permanente en los ojos, e irritación en las mucosas.



No es un compuesto particularmente inflamable, pero en soluciones a más del 25% sus gases pueden ser igual de corrosivos y peligrosos para la vida humana y animal, por lo que se maneja en una campana de extracción de humos.

### 2.2.3 Acetato de Cobalto

El acetato de cobalto es un Sólido cristalino color rojo-violeta con olor a vinagre. La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo humos irritantes.

La Fórmula semidesarrollada del compuesto es:  $C_4H_6CoO_{4.4}H_2O$ .

Tiene las siguientes características

- Punto de inflamabilidad: 284.0 °F
- Densidad: 1.7 g/cm<sup>3</sup>
- Masa molecular UMA Unidad de Masa Atómica, Dalton: 249.1 g/mol
- Punto de fusión: 140 °C

#### 2.2.3.1 Seguridad

Por indigestión se genera dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos y debilidad.

Por Inhalación se puede tener tos, dificultad respiratoria y dolor de garganta.

Por contacto con los ojos se tiene enrojecimiento y dolor.

#### 2.2.3.2 Aplicaciones

El mismo se utiliza normalmente en las industrias como catalizador, pero puede tener otras aplicaciones tales como para vidrios, tintas y pigmentos.

### 2.2.4 Acetato de Manganeso

Es un cristal de color rosa, fácilmente soluble en agua y alcohol.

Este producto se utiliza principalmente en la producción de PTA, acetaldehído, como catalizador oxidante y también puede utilizarse para hacer pinturas y revestimientos de desecante, impresión y teñido mordant, etc.

#### 2.2.4.1 Seguridad

El mismo puede provocar irritación cutánea, ocular y también en las vías respiratorias. No es clasificado como tóxico agudo.

#### 2.2.4.2 Características

<b>Propiedades</b>	
<b>Punto de Fusión</b>	80 °C
<b>Punto inicial de ebullición</b>	300 °C
<b>Densidad</b>	1,59 g/cm <sup>3</sup>
<b>Hidrosolubilidad</b>	770 g/l
<b>Temperatura de Descomposición</b>	>300 °C

Tabla 5: Características del Acetato de Manganeso

#### 2.2.5 Ácido Bromhídrico

El ácido bromhídrico (HBr) es un compuesto que en solución acuosa presenta características de ácido fuerte, reacciona bruscamente con los hidróxidos, con oxidantes fuertes y muchos compuestos orgánicos, que pueden ocasionar peligro de incendio y explosión.

Por lo general, ataca a muchos metales formando gas de hidrógeno inflamable. Además de esto es bastante corrosivo, por lo que debe utilizarse con precaución ya que es un fuerte irritante de las mucosas y la piel.

Su  $P_{Ka}$  es -9, lo cual indica que es un ácido muy fuerte, incluso más fuerte que el ácido clorhídrico, pero al mismo tiempo menos fuerte que el yoduro de hidrógeno. Este ácido es comúnmente conocido como la solución acuosa del gas bromuro de hidrógeno o (HBr(g)).

#### *2.2.5.1 Propiedades*

El ácido bromhídrico (forma acuosa) y el bromuro de hidrógeno (forma gaseosa o anhidra) son interconvertibles.

El HBr en temperatura ambiente, tiene forma de gas, es volátil, fumante al aire y más denso que este, es no inflamable y tiene un olor picante muy parecido al del ácido clorhídrico. Su transporte se hace en forma de gas licuado (gas comprimido), pero se suele utilizar su solución acuosa, la cual generalmente se encuentra disponible comercialmente como disoluciones al 48% y 62% incoloras.

En estado gaseoso

- Posee un olor agudo e irritante.
- Es incoloro
- Densidad es 2,8 g/cm<sup>3</sup>
- Temperatura de licuado: -73° C

En solución acuosa

- Posee un olor a acre.
- Es una solución entre incolora y amarilla.
- Es un ácido no oxidante.
- Punto de ebullición: -67°C

- Punto de fusión:  $-87^{\circ}\text{C}$
- Densidad relativa (agua = 1): 1.8
- Solubilidad en agua, g/100 ml a  $20^{\circ}\text{C}$ : 193
- Presión de vapor, kPa a  $20^{\circ}\text{C}$ : 2445
- El ácido bromhídrico pertenece al grupo de los ácidos fuertes no oxidantes.
- Su valor de pH por lo general es inferior a 2.
- Es corrosivo para los metales y los tejidos.
- No es combustible por sí solo, pero puede descomponerse al calentarse, produciendo humos corrosivos y/o tóxicos que se dispersan por el aire.
- Algunos de estos humos son oxidantes y pueden encender combustibles (como madera, papel, aceite, ropa, etc.).
- Sus contenedores pueden explotar cuando se calientan.

#### *2.2.5.2 Aplicaciones*

El ácido bromhídrico es muy utilizado como sustrato y catalizador en la elaboración de productos químicos y farmacéuticos, sobre todo en la producción de bromuros inorgánicos, tales como: el bromuro de zinc, calcio y sodio.

Es materia prima fundamental en la fabricación de productos intermedios orgánicos, productos farmacéuticos inorgánicos, materiales fotosensibles, tintes y medicamentos.

Se utiliza en la producción de compuestos de bromo y es un agente importante en los procesos de síntesis industriales de isomerización, polimerización, hidratación y deshidratación, y esterificación.

En las reacciones con ácido bromhídrico se pueden obtener importantes compuestos orgánicos útiles para la industria, como el bromuro de alilo, el fenol y el ácido bromo acético.

Muchas veces se emplea como solvente, en análisis de valoraciones químicas acido-base y en la medicación veterinaria.

El HBr también es un reactivo muy útil para la regeneración de compuestos organo bromados y desempeña un papel fundamental para la extracción de mercurio del mineral de cinabrio.

#### *2.2.5.3 Seguridad*

Se debe utilizar protección respiratoria y de manos, utilizar guantes aislantes del frío.

Para la protección de los ojos se recomienda protección ocular combinada con la protección respiratoria. Conocer dentro de las instalaciones, dónde se encuentran ubicadas las duchas y lavajos de seguridad.

En caso de contacto con la piel, se debe aclarar con bastante agua, quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Si el compuesto entra en contacto con los ojos, se enjuaga con agua abundante durante varios minutos. En ambos casos se debe proporcionar asistencia médica.

En caso de inhalación, se debe trasladar al afectado a una fuente de aire limpio, mantener reposo, proporcionar respiración artificial si es necesario y acudir al médico o especialista.

En el caso de ingestión, proporcionar asistencia médica de inmediato.

Cuando ocurre un derrame, la limpieza debe hacerse con un traje de protección completo que incluya el equipo autónomo de respiración. Se debe evacuar la zona de peligro, ventilar y no verter nunca chorros de agua sobre el líquido. Se debe eliminar el gas con agua pulverizada.

### 2.2.6 Catalizador de Paladio sobre carbón activado

El paladio sobre carbón , a menudo referido como Pd / C , es una forma de paladio usado como un catalizador . El metal se apoya sobre carbón activado con el fin de maximizar su área de superficie y la actividad .

#### *2.2.6.1 Aplicaciones*

El mismo se utiliza para catalíticas hidrogenaciones en la síntesis orgánicas . Los ejemplos incluyen la aminación reductora , la reducción de carbonilo , reducción de compuesto nitro , la reducción de iminas y bases de Schiff y reacciones de desbencilación.

El Paladio sobre carbono también se utiliza para las reacciones de acoplamiento . Los ejemplos incluyen la reacción de Suzuki y la reacción de Stille .

## **Capítulo III**

### **3 ESTUDIO DE MERCADO**

### 3.1 Introducción

El ácido Tereftálico (TPA) por sus siglas en inglés (Terephthalic Acid) es un ácido dicarboxílico aromático cuya fórmula molecular es  $C_8H_6O_4$ , conocido químicamente como ácido 1-4 bencendicarboxílico.

El TPA es de gran utilización comercial, puesto que, al ser co-polimerizado con otros compuestos, forma una gran variedad de polímeros de gran demanda.

Este producto ha sido sintetizado mediante diferentes procesos a lo largo de los años, primeramente, fabricado a escala comercial en Inglaterra por Imperial Chemical Industries (ICI) en 1949 y en los Estados Unidos por DuPont en 1953. Ambas compañías emplearon p-xileno que era convertido a ácido tereftálico por un proceso originalmente desarrollado por ICI de oxidación con ácido nítrico diluido; el cuál, con el tiempo, fue dejado de lado y remplazado por un proceso de oxidación catalítica homogénea directa. Este proceso es el dominante a nivel mundial para la fabricación del ácido y varía dependiendo de la operación, condiciones y catalizadores utilizados. A partir del mismo surge el proceso AMOCO, que es la tecnología más usada a nivel mundial.

El principal mercado, donde se utiliza TPA, es la producción de poliéster – principalmente Polietileno tereftalato (PET), textiles, envases, mobiliario, bienes de consumo, recubrimientos, resinas. Los dos grados más comunes de TPA comercialmente usados son el Ácido Tereftálico Purificado (PTA) con un contenido de 99,9% de TPA y menos de 400 ppm 4 Carboxibenzaldehído (4-CBA) y calidad media Ácido tereftálico (MTA: ácido tereftálico de calidad media) con un contenido de TPA 99,90% pero con hasta 400 ppm de 4-CBA. El uso de MTA cambia el color del producto final, que no es aceptable en la industria.

Casi todos los PTA se consumen en la producción de resinas de botellas de PET, fibras de poliéster y películas de poliéster, sólo una pequeña parte de la producción de ácido tereftálico se utiliza en semi aromáticos y en poliamidas aromáticos.



Más del 60% de la producción de PET en el mundo se destina a fibras sintéticas de poliéster mientras que la producción de botellas supone en torno al 30% de la demanda global. (Pecaltex, 2013)

En el presente capítulo se analiza el comportamiento histórico, actual y futuro del mercado de las materias primas utilizadas en el proceso de producción del TPA como así también del producto en cuestión.

### 3.2 El mercado del ácido tereftálico

El mercado del ácido tereftálico se encuentra impulsado por la creciente demanda existente a nivel mundial del PET (polietileno tereftalato), un producto derivado.

En el 2015, el PET, la fibra y la película de poliéster (video, audio y fotografía) representaron aproximadamente 30%, 62% y 5%, respectivamente, del mercado global de PTA. (ALFA, S.A.B. de C.V, 2015)

#### 3.2.1 Producción de envases y empaques

Por su impermeabilidad a los gases, el PET abarca casi el 100% del mercado de botellas retornables y no retornables para bebidas carbonatadas.

Entre los múltiples usos dados al PET, debido a su durabilidad, estabilidad dimensional e insensibilidad a la humedad excelentes, sobresale el destino que se le ha dado en la fabricación de envases de bebidas carbonatadas y de empaques de alimentos pues, no deteriora ni causa efectos de toxicidad a estos productos. Se prevé un crecimiento anual de la demanda mundial de PET para envase y embalaje, cercano al 3,8% (hasta alcanzar en el 2021 los 21 millones de toneladas). Dicho crecimiento tendrá su causa principal en el rápido crecimiento y desarrollo de los países asiáticos. No obstante, en Europa también se puede ver un ligero crecimiento del mercado de PET. (Pira, 2016)

Uno de los principales sectores consumidores de PET es el de bebidas (especialmente zumos y agua mineral), un mercado cada vez más maduro, y más estable. También crece la demanda de PET por parte de la industria médica, farmacéutica y cosmética. La demanda mundial de envases de PET crece a un ritmo estable, gracias en parte al desarrollo de nuevos productos en mercados menos desarrollados como conservas, termoformado, zumos y otras bebidas funcionales.

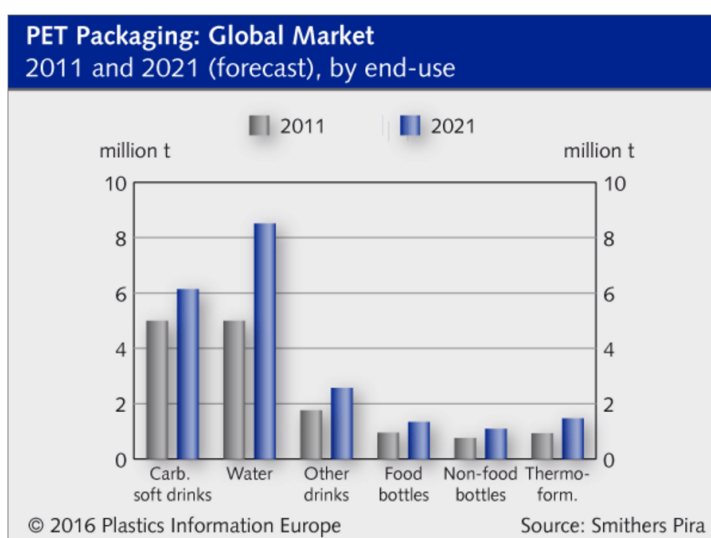


Ilustración 3: : Mercado Global del PET (2011-2021)

### 3.2.2 Fibras (telas tejidas, cordeles, etc.)

En la industria textil, la fibra de poliéster sirve para confeccionar gran variedad de telas y prendas de vestir. Debido a su resistencia, el PET se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas. Su baja elongación y alta tenacidad se aprovechan en refuerzos para mangueras. Su resistencia química permite aplicarla en cerdas de brochas para pinturas y cepillos industriales. El poliéster tiene también una aplicación médica, debido a su fuerza es utilizado en cirugías de reconstrucción de tejidos dañados.

Los países árabes toman protagonismo en el mercado de la fibra de poliéster ya que son importantes productores de petróleo, materia prima para producir la fibra.

Este mercado es dominante en India, constituyendo más del 83% de la producción y consumo mundial, realizando una fabricación cercana a 2,500,000 t/año. (Pecaltext, 2013)

Los mayores productores mundiales son India y China, siendo otros países como Indonesia, Tailandia, Malasia, Paquistán, Vietnam y Bangladesh, Irán, Sudáfrica, Egipto y Arabia Saudita, productores secundarios.

En la Ilustración 4 se puede observar la producción mundial de poliéster de fibra cortada en millones de toneladas métricas anuales por país productor.

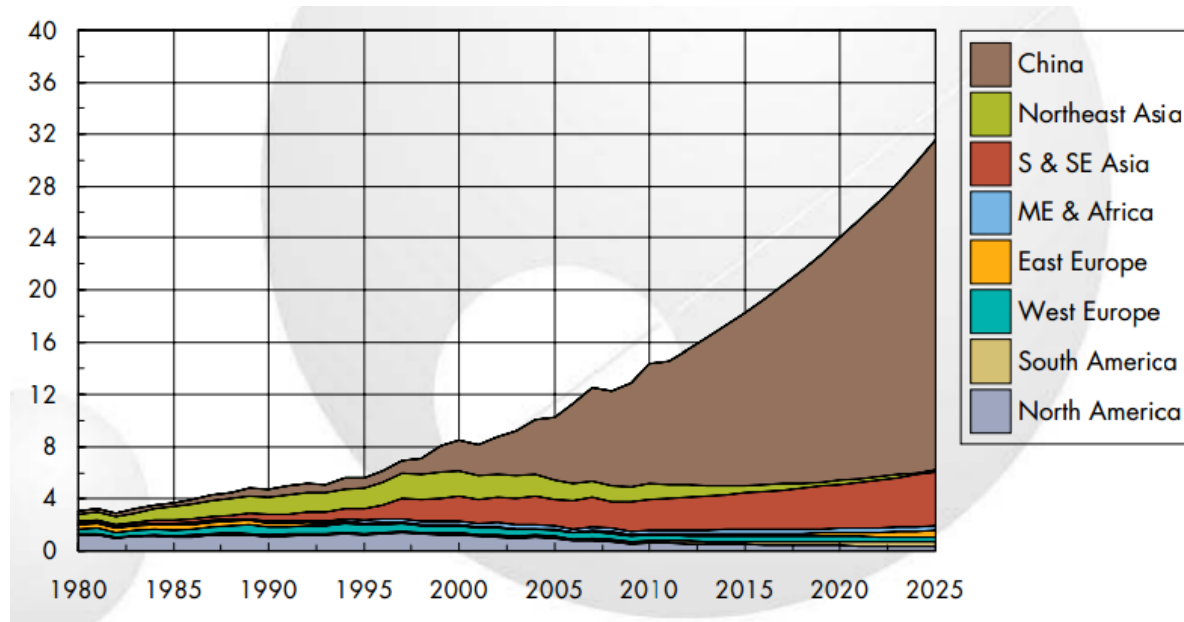


Ilustración 4: Producción Mundial de poliéster de fibra.

Según expresa el mismo, China es el país que concentra la producción mayor a nivel mundial.

En cuanto a la producción mundial de filamentos de poliéster se espera cultivar en una tarifa media anual del 7.2 % hasta 2025, conducido por China y a un grado menor India. (Pecaltext, 2013)

### 3.2.3 Contexto Internacional

#### *3.2.3.1 Producción mundial y principales productores*

Actualmente el consumo mundial de ácido tereftálico es mayor a 50 millones de toneladas anuales, la cual es atendida por Estados Unidos, China y Japón principalmente.

De acuerdo al Programa de Comparación Internacional (PCI), del 2002 a 2008, los mercados mundiales de PTA habían estado creciendo con fuerza a tasas de aproximadamente 6%-9% por año. Después de una desaceleración en los mercados del PET y fibra de poliéster en 2008, debido en gran medida a la recesión económica a nivel mundial, los mercados de PTA se recuperaron y alcanzaron una tasa de crecimiento anual compuesta de aproximadamente 6.0% para el periodo de 2008 a 2015. De acuerdo a PCI, el consumo mundial de PTA se concentra principalmente en Asia. Se espera que dicha región continúe siendo un exportador neto y las posibilidades de que Asia se convierta en importador neto, como lo fue en el pasado son improbables. De acuerdo con PCI, Sudamérica continuará siendo un importador neto. Debido a la creciente demanda de PET, las importaciones netas de PTA se estima llegarán a 331 mil toneladas en 2016.

En América la industria del TPA se concentra en unos pocos participantes, pero a nivel mundial es más diversificado con 43 productores y más de 99 instalaciones de producción, de las cuales aproximadamente 79% se encuentran en Asia.

Dentro de los principales productores a nivel mundial por orden de mayor capacidad instalada se encuentran Yisheng en China, BP en Reino Unido, Hengli en China, Reliance en India, FCFC en Taiwán, Sinopec en China, Mitshubishi en Japón y Alpek en México. (ALPEK, S.A.B. de C.V., 2015)

Principales jugadores Mundiales de PTA (2015)	
Compañía	Capacidad Instalada (en miles de toneladas por año)
Yisheng (China)	13,220
BP (RU)	7,520
Hengli (China)	6,450
Reliance (India)	4,325
FCFC (Taiwán)	3,425
Yuandong (China)*	3,200
Sinopec (China)	2,955
Mitsubishi (Japón)	2,800
Alpek (México)**	2,260
Indorama (Tailandia)	2,213
Samsung (Corea)	2,035
Lotte (Japón)	1,150

\* Cerró operaciones por bancarrota en Marzo 2015  
 \*\* Alpek tiene una capacidad instalada real de 2,250 mil toneladas, lo cual difiere de la cifra calculada por PCI.

Ilustración 5: Capacidad Instalada de los principales productores de PTA en el mundo

Casi la mitad de la producción de TPA es consumida por el mercado chino y Asia, como tal, cuenta con más del 75% del consumo total. Sin embargo, más del 50% de la fabricación del ácido también se encuentra en dicho continente (China, República de Corea y Taiwán).

El crecimiento de la capacidad de producción en los últimos años, y también las inversiones previstas para la producción de TPA están principalmente en dos regiones, en Asia Pacífico y Medio Este. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

**Global Terephthalic Acid Capacity by Region**

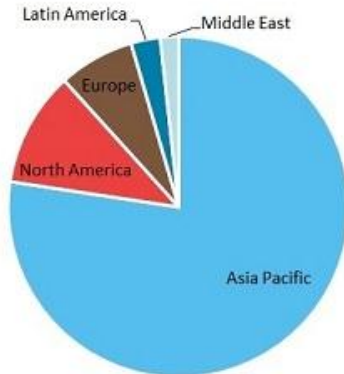


Ilustración 6: Capacidad Global por Región de la producción del TPA

Aquí se puede observar, que el 77% de la capacidad mundial de producción de TPA se encuentra en el continente asiático pacífico mientras que un 2% se encuentra en el este medio liderado por Taiwán, Corea del Sur y Tailandia; un 10% en Norteamérica liderado principalmente por las empresas Eatsman Kodak y Amoco Chemical Corporation, un 7% en Europa y un 4% en Latinoamérica el cuál se encuentra mayormente concentrado en los países de México y Brasil. (The Market Publishers Ltd., 2017)

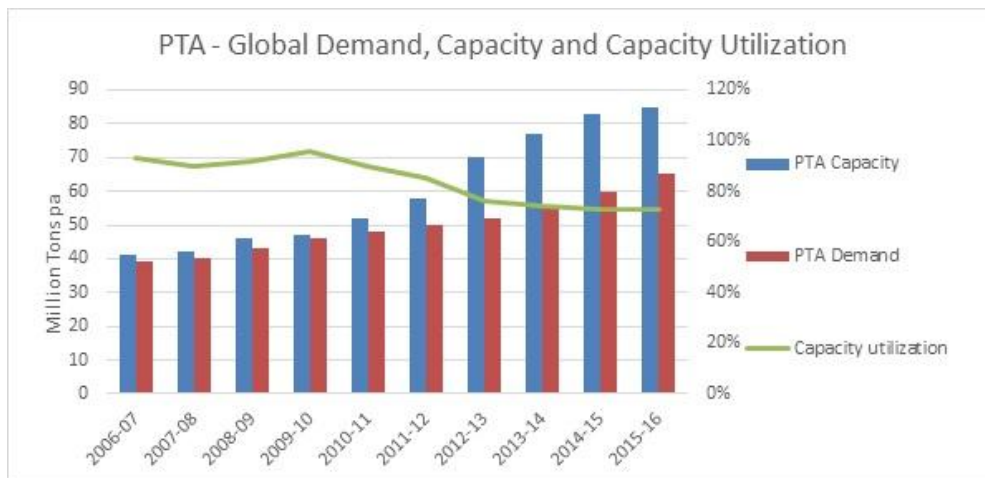


Ilustración 7: Demanda Global de TPA, Capacidad instalada y Capacidad Utilizada

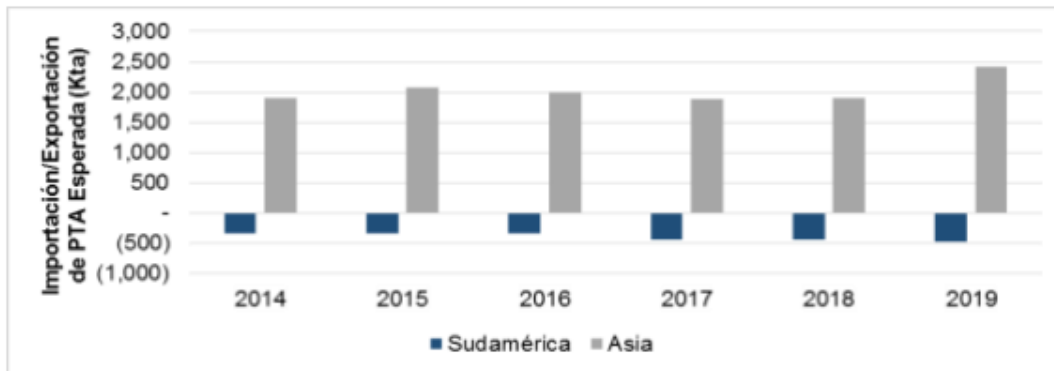


Ilustración 8: Importaciones y Exportaciones de PTA

### Exportadores/Productores

El ácido tereftálico (TPA) ocupa el lugar 25 en el total de toneladas de productos químicos producidos mundialmente, los principales países exportadores son Corea del Sur, Taiwán, Tailandia y México y juntos representan el 94% de las exportaciones mundiales estimadas. Las mismas, en términos de valor, aumentaron fuertemente en 2010 (28%) y 2011 (35%) antes de disminuir en el 2012 (26%) y 2013 (29%). Los valores de exportación en 2014, han disminuido aún más.

Todos los principales países exportadores muestran un crecimiento y posteriormente una disminución de los valores de las exportaciones debido al aumento del consumo nacional. (MitEdu, 2017)

Major Exporters of Terephthalic Acid and its Salts						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Estimated Global Exports</b>						
Quantity -thousand tonnes	7,957.9	8,819.7	8,987.1	7,575.6	5,395.6	3,739.4
Value \$US FOB million	\$6,627	\$8,492	\$11,401	\$8,392	\$5,972	\$3,639
Average Price \$US per ton	\$833	\$963	\$1,269	\$1,108	\$1,107	\$973
<b>Top Supply Countries - Quantity -thousand tonnes</b>						
South Korea	3,618	3,651	3,617	3,274	2,960	2,281
Taiwan	2,172	2,679	2,962	1,938	498	157
Thailand	1,339	1,446	1,517	1,381	997	698
MEXICO	563	517	482	577	633	463
U.S.A.	132	390	277	204	86	2
Malaysia	108	100	89	136	138	58
Indonesia	26	37	43	65	84	81
	0	-	-	-	-	-
<b>Top Supply Countries - Value \$US FOB million</b>						
South Korea	\$2,891.6	\$3,377.2	\$4,475.2	\$3,515.1	\$3,143.3	\$2,123.3
Taiwan	\$1,724.6	\$2,478.9	\$3,692.7	\$2,089.2	\$539.5	\$148.3
Thailand	\$1,065.1	\$1,341.3	\$1,874.8	\$1,508.2	\$1,068.4	\$664.0
MEXICO	\$493.4	\$506.9	\$663.1	\$703.9	\$771.4	\$506.2
U.S.A.	\$122.1	\$361.2	\$344.7	\$241.2	\$89.2	\$2.1
Japan	\$226.8	\$299.4	\$192.1	\$119.2	\$125.2	\$65.8
Malaysia	\$83.9	\$93.3	\$106.5	\$145.4	\$145.1	\$53.1
Indonesia	\$19.1	\$33.6	\$51.6	\$69.5	\$89.8	\$76.1

Ilustración 9: Mayores Exportadores de Ácido Tereftálico y sus sales

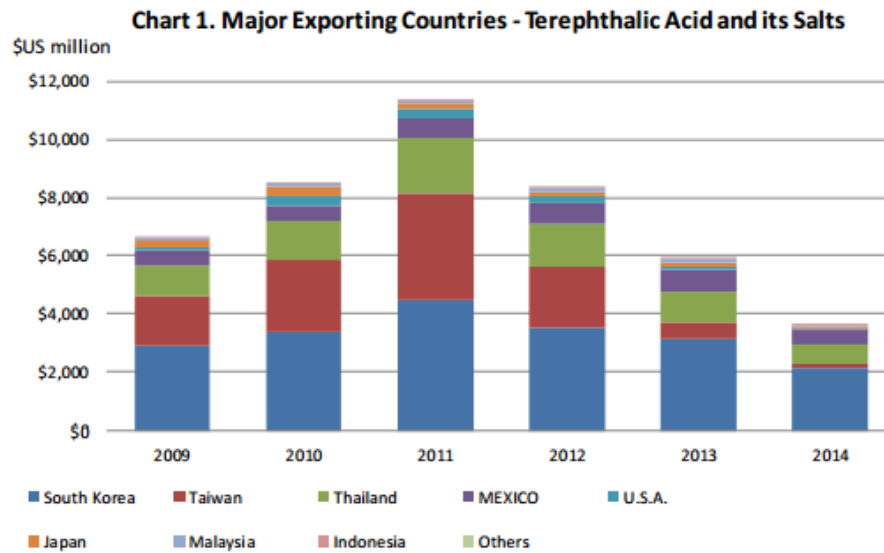


Ilustración 10: Mayores Países Exportadores de TPA y sus Sales en Millones de dólares



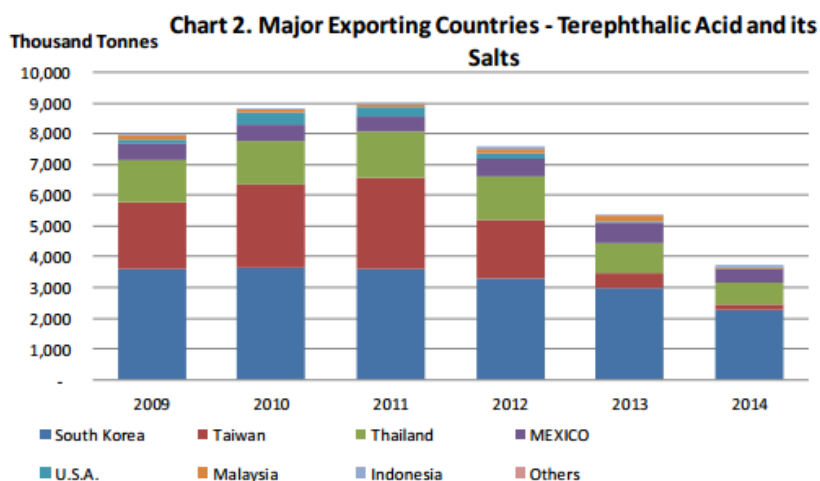
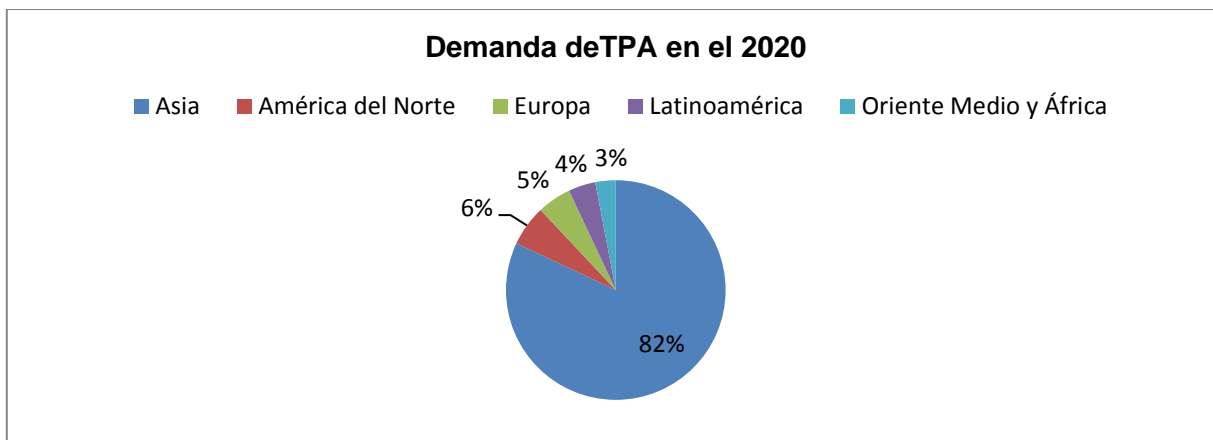


Ilustración 11: Mayores Países Exportadores de TPA y sus Sales en toneladas

En términos de volumen, las exportaciones aumentaron en 2009 (11%) y 2010 (10%), con pocos cambios en 2011. En 2012, los volúmenes de exportación se redujeron en un 16% y en un 29% en 2013. Las caídas se deben a la disminución de las exportaciones de Taiwán y en menor medida Corea del Sur.

### 3.1.1.1.1 Importadores/Consumidores

La demanda mundial de PTA aumentó a una Tasa Anual de Crecimiento (CAGR) de 5.3% desde 2011, y estaría llegando a 66 millones de toneladas en 2020, en donde Asia-Pacífico espera representar alrededor del 82% de su demanda. El mercado también estará impulsado por América del Norte (6% de demanda) y Europa (5%), seguido por Latinoamérica (4%) y Oriente Medio y África (3%).



Gráfica 1: Demanda del TPA en el 2020

Hoy en día China es un gran importador de TPA y está planeando en los próximos años una enorme expansión de la industria del ácido tereftálico.

Las importaciones en dicho país representan el 47% de las exportaciones mundiales en 2013, mientras que en el 2011 China representó el 70% del comercio mundial. Otros países importadores importantes en 2013 fueron India (15%) y Brasil (7%).

Las importaciones en China han disminuido notablemente en los últimos años de US \$ 8.004 millones en 2011 a US \$ 2.829 millones en 2013. En las diez primeras decenas de meses de 2014 las importaciones en China ascendieron a 868 millones de dólares. De esta forma han disminuido de un mercado de 8 mil millones de dólares en 2011 a alrededor de mil millones en 2014. Otras importantes importaciones del mercado son las de la India, Brasil y los Emiratos Árabes Unidos, estos mercados han mantenido sus niveles de importaciones por años. (Trade Data, 2014)

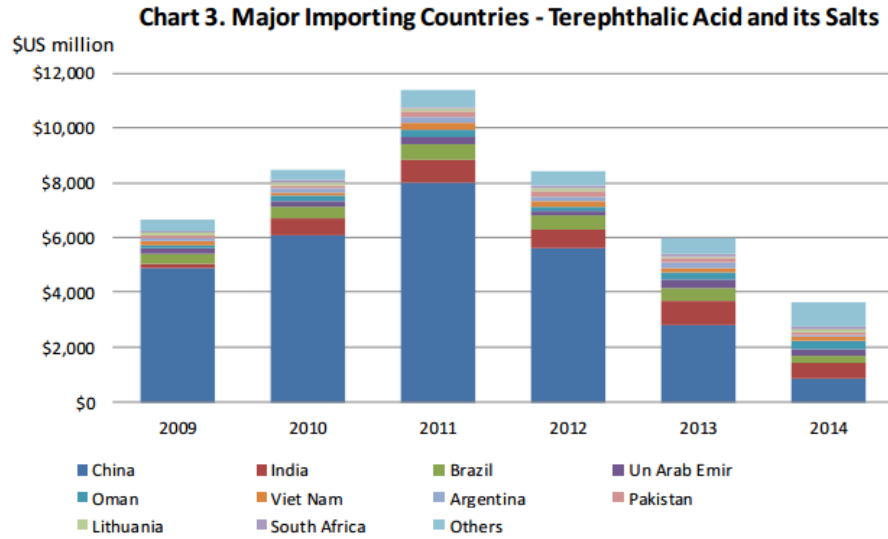


Ilustración 12: Mayores Países Importadores de Ácido Tereftálico y sus sales

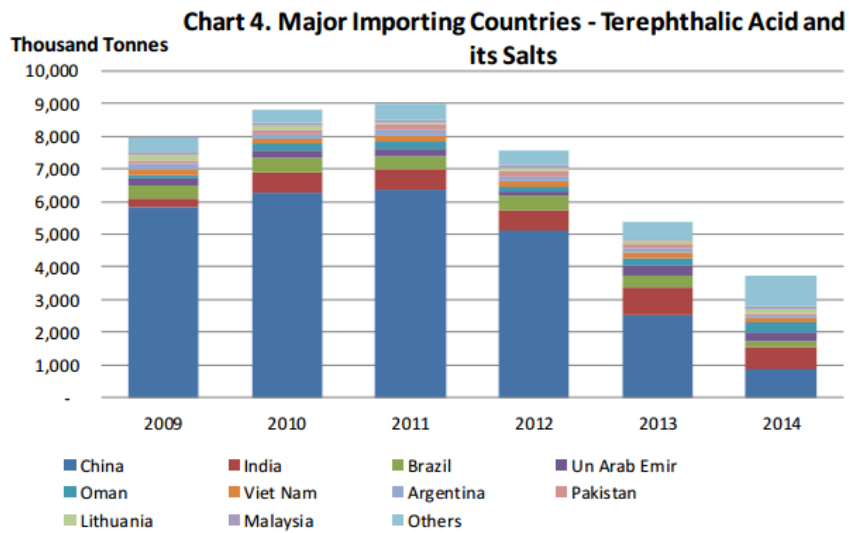


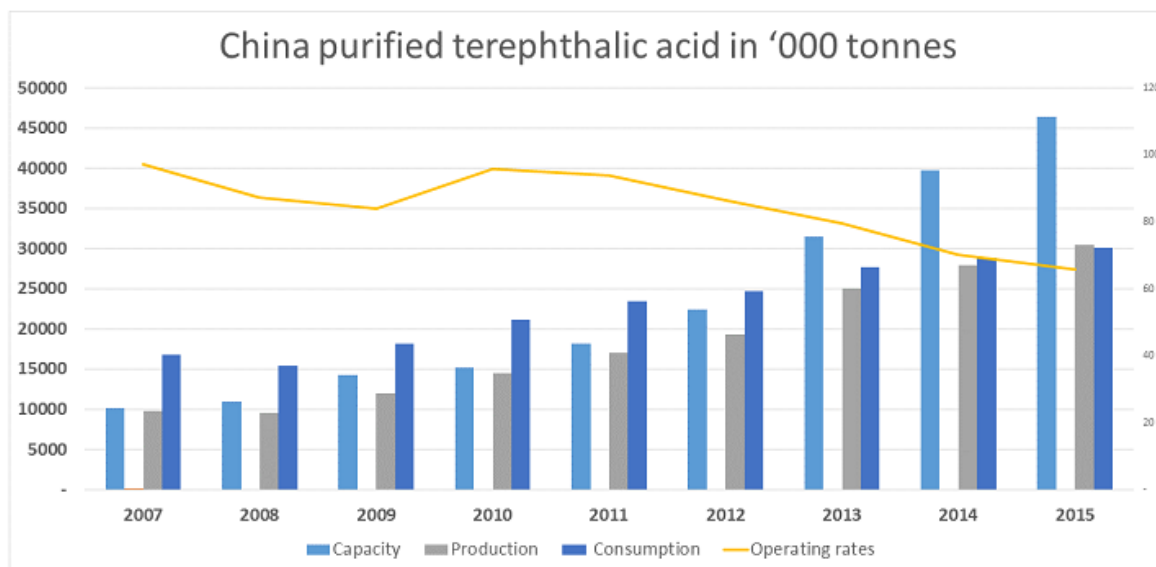
Ilustración 13: Mayores países Importadores de TPA y sus sales

3.2.3.2 Analizando actores por regiones se puede destacar:

**3.1.1.1.2 Asia y el Pacífico**

La región de Asia y el Pacífico seguirá siendo el mayor mercado del mundo para el Ácido Tereftálico Purificado (PTA) en 2020, gracias a la mejora de los estándares de vida de la región, al uso de productos PTA entre industrias y a la expansión de las industrias manufactureras.

El consumo de PTA en China se dirige esencialmente a la fabricación de fibras de poliéster ya que se ha convertido en un centro mundial de fabricación de textiles debido a que la producción en el país se beneficia de la mano de obra barata.



ICIS Consulting

Ilustración 14: Producción de TPA en China

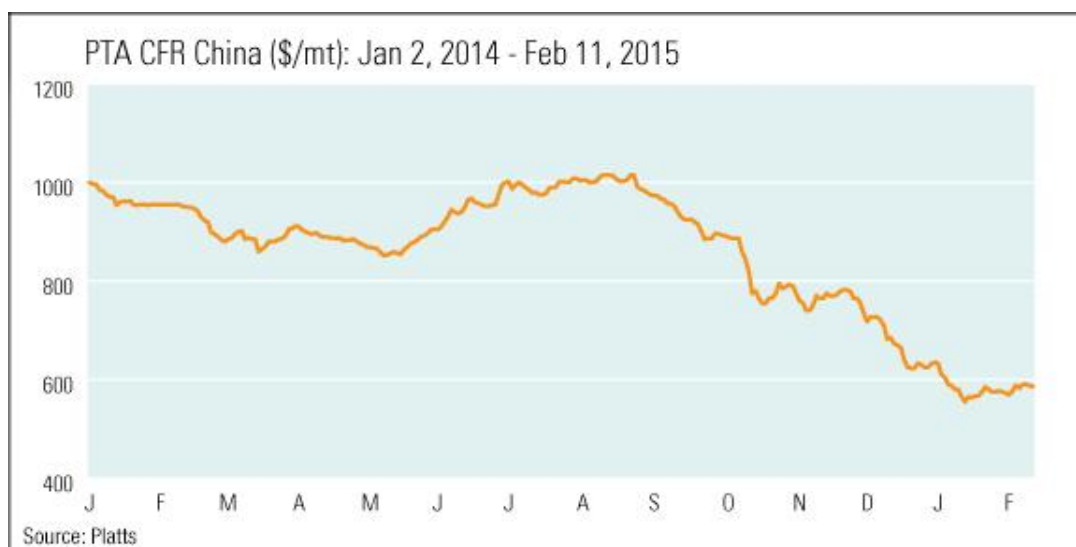


Ilustración 15: Precio del TPA en China

Los productores de ácido tereftálico purificado de Asia han operado a tasas reducidas en el 2015, particularmente con la puesta en marcha anticipada de cinco nuevas plantas de PTA con una capacidad combinada de 13 millones de toneladas métricas al año, atendiendo a la demanda creciente de productores de poliéster. Los mismos han enfrentado desafíos en las bajas de precios y márgenes negativos durante el 2014; La puesta en marcha de muchas mega plantas de escala mundial en China, cada una con capacidad de más de 1 millón de toneladas / año, de 2009-2013 creó una enorme sobreoferta que ha llevado a una batalla de la supervivencia del más apto.

Los precios asiáticos del PTA han caído por debajo de un mínimo el miércoles 11 de febrero de 2015, para ser evaluados en \$ 586 / mt CFR (costo y flete) en China.

Con los precios en mínimos, el mercado alcanzó un piso y los precios se mantuvieron relativamente estables durante los meses siguientes.

Para mantener la estabilidad de precios a lo largo de ese año, los productores de PTA de Taiwán, Japón, Corea del Sur y China operaron sus plantas a tasas reducidas para asegurar que el suministro regional permanezca equilibrado y ajustado a la creciente demanda de los

productores de PET, por lo tanto, Capco de Taiwán estuvo operando durante todo el 2015 con sólo una de las seis unidades de PTA que posee mientras la planta de PTA de 750.000 mt / año en Taichung se encontró funcionando a casi plena capacidad. (John Richardson, 2015)

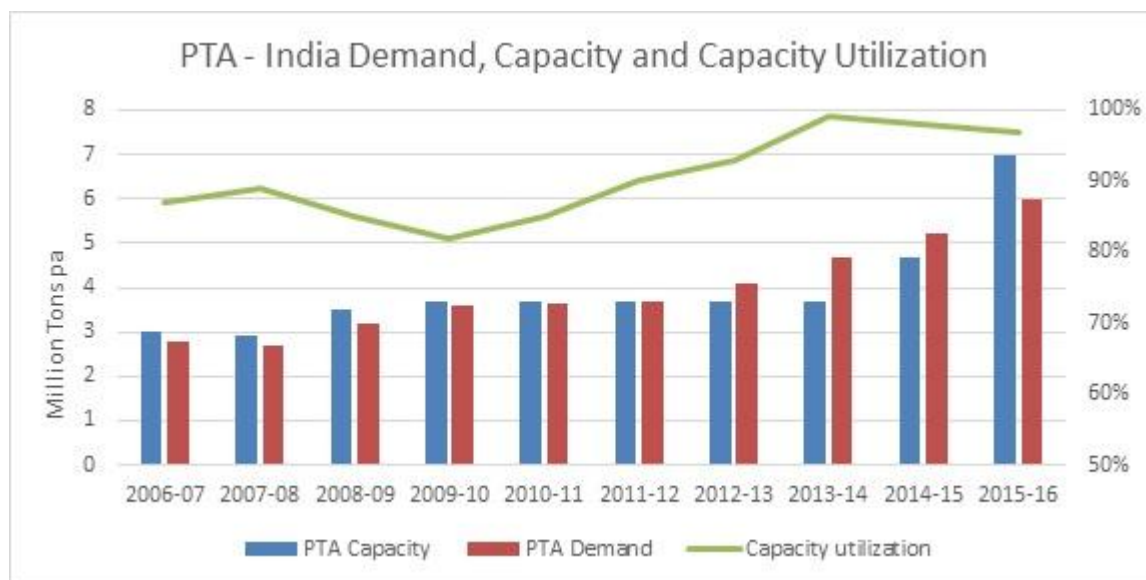


Ilustración 16: Demanda, Capacidad instalada y Capacidad Utilizada de TPA en India

El mayor productor de PTA de China, Zhejiang Yisheng, que tiene una capacidad total de producción de 13,55 millones de toneladas métricas al año en siete plantas de Dalian, Ningbo y Hainan, operó a tasas reducidas durante todo el 2015, ya que cerró permanentemente dos unidades de PTA de 650.000 mt / año en Ningbo. Solamente la instalación más grande de 2,2 millones de metros cúbicos por año en Ningbo funcionó en dicho año por encima del 80% de su capacidad y su planta de 2,25 millones de metros cúbicos / año en Dalian, en el norte de China, quedó desconectada en agosto de 2014 y permaneció cerrada a lo largo de 2015.

En el caso de las instalaciones de 2,2 millones de metros cúbicos por año en Hainan y la planta de 3,8 millones de toneladas anuales en Dalian funcionaron por encima del 85% de su capacidad.

En Corea del Sur, Samnam Petrochemical ha convertido tres plantas de PTA en Yeosu, con una capacidad total de 1,5 millones de toneladas anuales, a QTA (ácido tereftálico calificado), dejándose solo con una unidad PTA de 300.000 mt/año que funciona a casi capacidad llena. (John Richardson, 2015)

### **3.1.1.1.3 Europa**

El consumo de PTA en Europa se dirige principalmente a la fabricación de PET para la industria del embalaje, pero la demanda europea se ha visto dañada por las malas condiciones macroeconómicas que afectan al PET aguas abajo durante el período de expansión de la capacidad mundial durante los años 2011 y 2012.

PKN de Polonia Orlen puso en marcha su nueva planta de PTA de 600.000 toneladas / año en Wloclawek en el segundo trimestre de 2011.

La planta en Sines, de 700.000 toneladas/año de la productora portuguesa ARTLANT PTA, fue la última planta europea en arrancar en el año 2012, aumentando la capacidad de la región a 4.3 millones de toneladas / año. En su mayoría, las 700.000 toneladas serán utilizadas en la industria del poliéster para la producción de fibras y envases de PET. Es el segundo mayor productor europeo con la última y más moderna planta en Europa. (John Richardson, 2015)

EUROPE PTA CAPACITY '000 TONNES/YEAR		
Company	Location	Capacity
BP	Geel, Belgium	1,340
ARTLANT PTA	Sines, Portugal	700
CEPSA	San Roque, Spain	700
PKN Orlen	Wloclawek, Poland	600
Lotte Chemical UK	Wilton, UK	500
Indorama Ventures	Rotterdam, the Netherlands	350
OA0 Polief	Blagoveshchensk, Russia	250
Indorama Ventures	Ottana, Italy	192
PCK Raffinerie	Schwedt, Germany	83
Petkim	Aliaga, Turkey	70
SOURCE: ICIS		

Ilustración 17: Capacidad Europea de PTA

La refinería Gibraltar de Indorama en Guadarranque produjo unas 260.000 toneladas de PTA (Ácido Tereftálico Purificado) durante el año 2015. Según indicó la compañía: "La mejora del mercado y la optimización y la buena marcha de las unidades de proceso han influido en estos resultados anuales". (AlSoldelaCosta Diario Digital, 2016)

Se prevé que Europa experimentará entre 2015-2025 un crecimiento lento debido a la creciente utilización de PET de base biológica en la industria de botellas y envases. Además, debido a la migración de la industria textil de América del Norte y Europa a la región de Asia y el Pacífico, la producción de fibra de poliéster en estas regiones ha estado disminuyendo exponencialmente.



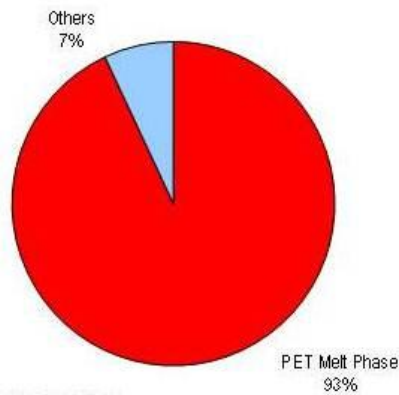


Ilustración 18: Consumo de PTA en Europa

#### 3.1.1.1.4 Norteamérica

Las perspectivas para el PTA en Estados Unidos son positivas, ya que el mercado de poliéster se benefició de una recuperación económica continua hasta 2012. Otro factor que influye positivamente en el mercado de poliéster es la paridad de materia prima de poliéster entre los Estados Unidos y Asia. El año 2010 fue considerado un año fuerte para el filamento de poliéster en particular, con 21% de crecimiento de la demanda en 2009. Todos los segmentos principales de este mercado - ropa, muebles para el hogar, industrial y alfombras- crecieron significativamente durante el 2015.

La tecnología para PTA ha sido dirigida por BP y el productor de fibras turco Advansa. BP afirma haber simplificado el proceso, ofreciendo ahorros en capital y costos operativos con el tamaño óptimo de la planta en 700.000 toneladas / año. Sin embargo, los procesos también han sido desarrollados por las compañías estadounidenses Dow Chemical, Eastman Chemical, Alpek e Indorama.

Al 14 de febrero de 2016, Alpek tenía aproximadamente 41% de la capacidad instalada de PTA en la región de Norteamérica. (Alpek, 2016)

<b>Empresa</b>	<b>Capacidad Instalada</b> (en miles de toneladas por año)
Alpek	2,260*
BP	2,450
Indorama (anteriormente Interquisa)	600
Eastman	250
<b>Total región de Norteamérica</b>	<b>5,560</b>

\* La capacidad instalada real es de 2,250 mil toneladas, lo cual difiere de la cifra calculada por PCI.  
Fuente: PCI

*Ilustración 19: Capacidad Instalada de PTA en la región de Norteamérica*

### 3.2.4 Contexto Latinoamericano

En lo que respecta a América Latina se tiene como principales productores de TPA a México y Brasil, siendo el primero partícipe en la producción del ácido por las plantas instaladas pertenecientes al grupo ALFA.

Alpek, parte del grupo ALFA, posee dos plantas en México a las cuales ha aumentado sus capacidades; en Cosoleacaque, Veracruz, de aproximadamente 135,000 a 600,000 toneladas por año, y en PTAL de Altamira, Tamaulipas, de aproximadamente 500,000 a 1'000,000 toneladas por año. Dichas plantas han operado en niveles cercanos al 97% durante los últimos 3 años.

La dependencia total de Sudamérica a las importaciones de ácido tereftálico purificado terminó con la puesta en marcha de una planta de PTA de 700.000 t/año de Petroquímica Suape en Ipojuca, Brasil la cual permitió abastecer a las plantas de PET con la materia prima suficiente. Dicha industria logró revertir el bajo suministro de PET de América del Sur, pero la región sigue siendo un importador neto y la producción de PET se destina a los mercados regionales. (ALFA, S.A.B. de C.V, 2015)

El gigante brasileño de energía Petrobras junto con la asociación de la industria química Abiquim solicitaron al gobierno que imponga un arancel del 7,2% sobre el ácido tereftálico purificado (PTA).

#### *3.2.4.1 Análisis del Mercosur*

En el marco del Mercosur los únicos países que comercializan el ácido tereftálico son Brasil y Argentina. El primero actúa como exportador e importador mientras que el segundo únicamente importa.

Brasil funciona como exportador de un único país perteneciente al Mercosur, Argentina, con el cual mantiene su relación hasta hoy.

<b>Año</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
<b>2016</b>	13.328.000,00
<b>2015</b>	58.852.486,7
<b>2014</b>	100.443.551,68
<b>2013</b>	51.732.490
<b>2004</b>	0,04
<b>2002</b>	48.000,00
<b>2001</b>	24.000,00
<b>2000</b>	76.000,00

Tabla 6: Exportaciones de PTA de Brasil con datos obtenidos de Scavage.com

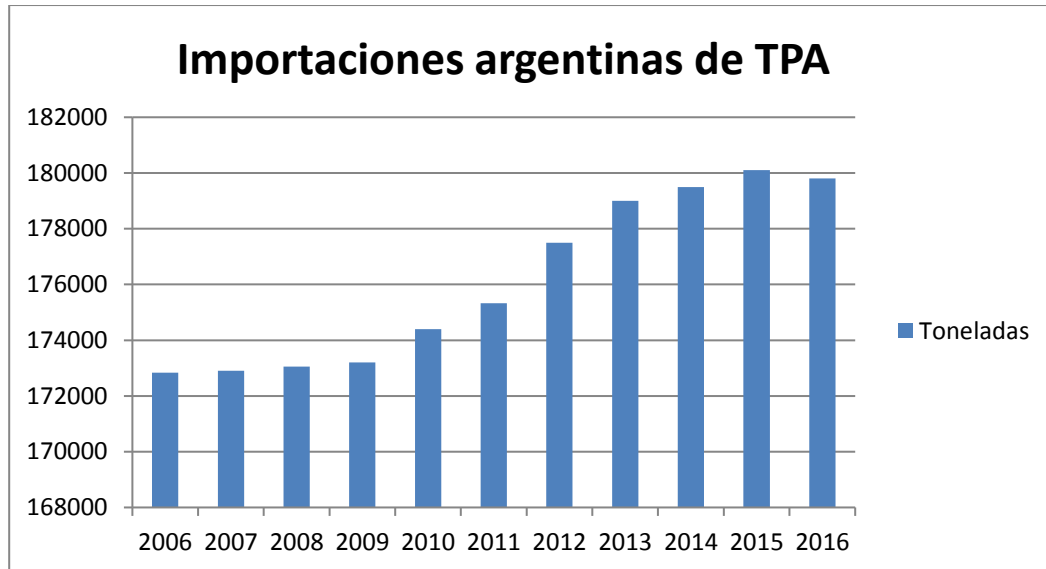


Gráfica 2: Exportaciones de PTA de Brasil.

### 3.2.5 Análisis del mercado argentino

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Millones USD	198,125	155,664	202,028	128,035	168,254	257,400
AÑO	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	
Millones USD	257,400	222,424	251,520	214,979	139,244	93,430
AÑO	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Toneladas	172839	172900	173050	173200	174400	175328
AÑO	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	
Toneladas	177500	179000	179494	180100	179800	

Tabla 7: Importaciones Argentinas de PTA expresadas en valores y cantidades (Scavage)



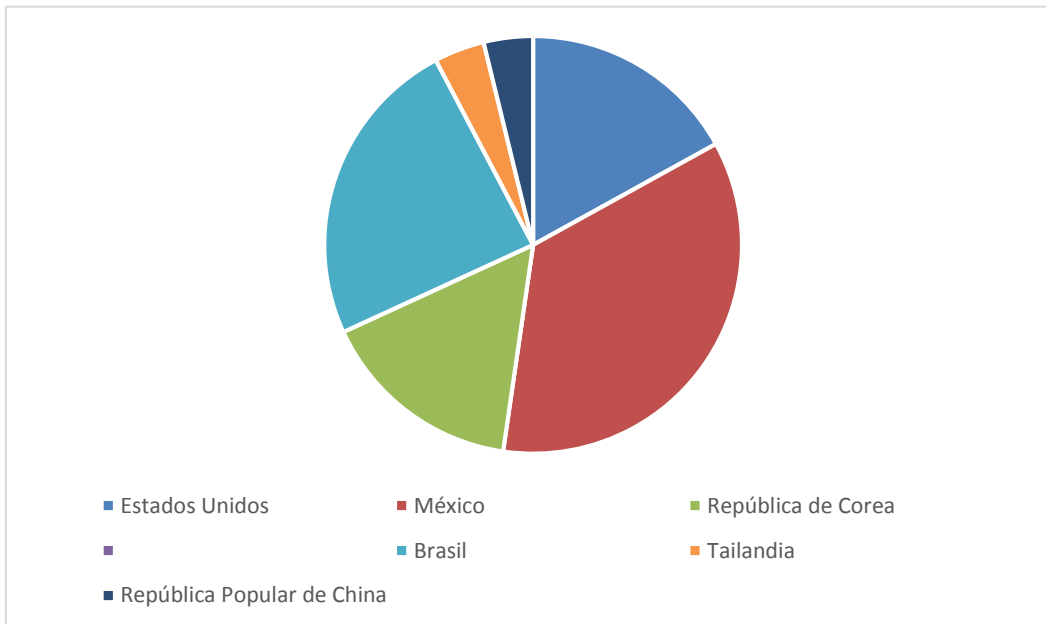
Gráfica 3: Importaciones de Argentina de TPA

El origen de las importaciones de Argentina de ácido tereftálico es principalmente de Estados Unidos y México, seguido en menor proporción por República de Corea, Brasil y Tailandia entre otros.

A continuación, se puede observar la cantidad importada por origen geográfico de TPA realizado por Argentina en los últimos 5 años.

País de Origen	Cantidad (Toneladas.)
Estados Unidos	157762
México	328409
República de Corea	147337
Brasil	224356
Tailandia	36254
República Popular de China	35494

Tabla 8: Cantidad importada de TPA por distribución geográfica (Scavage)



Gráfica 4: Importaciones por país de origen los últimos 5 años

### 3.2.6 Análisis de la oferta

En Argentina no existe ningún productor de ácido tereftálico, por lo tanto, se basa su consumo en las importaciones de este producto. Las ofertas del mismo que se encuentran en el mercado son sólo a través de intermediarios, tales como ARUBRAS SA.

### 3.2.7 Análisis de la Demanda

La Gráfica 3 muestra las importaciones de ácido tereftálico realizadas por el país, registradas por la aduana argentina, en millones de dólares y en toneladas, mientras que el Gráfico 4 es una representación de las toneladas de TPA importadas. (Scavage, 2017)

Con esta información se analizará el consumo aparente ya que los movimientos de las mercancías a veces incluyen importaciones transitorias, las cuales son lotes que ingresan por aduana, pero que no son destinados al consumo interno, sino que son re direccionados a otros países, por lo cual deben ser restados del total de importaciones. Los datos de importación a consumo son claros representantes del consumo interno y sirven como base para los análisis que se hará con posterioridad.

Los principales consumidores de TPA son las industrias de polietileno tereftalato (PET) y las textiles. No hay una única empresa que produzca PET en Argentina, sino 2. Sí hay una única empresa productora de PET que destina su uso para envases y una única empresa productora de PET que destina su uso a la industria textil, las cuales son:



DAK Americas es uno de los mayores productores integrados de resinas PET del mundo y el principal productor de fibras cortas de poliéster en América. Tiene su sede en Charlotte, Carolina del Norte, y es propiedad de Alfa S.A.B. De C.V. De Monterrey, México.

Dicha industria tiene sedes de producción y ventas por toda América incluyendo Argentina con dos plantas, una en Zarate que produce resinas PET y otra en en Pacheco, Buenos Aires, en donde realiza operaciones de PET reciclado de grado alimentario (rPET).



MAFISSA es una empresa respaldada por medio siglo de trayectoria en el país, combinando la producción de hilados y fibras sintéticas destinadas a la industria textil en la región. Su planta fabril se encuentra situada en la localidad de Lisandro Olmos partido de La Plata provincia de Buenos Aires en donde produce chips, fibras, hilados POY y texturizados de poliéster para el consumidor argentino y del Mercosur.

### 3.2.8 Perfil de la Industria Petroquímica Argentina en el año 2025

El ministerio de Industria de la Nación presentó en 2010 el Plan Estratégico Industrial 2020 (PEI 2020) donde definió una serie de lineamientos generales y específicos para el crecimiento y consolidación de la industria nacional, con énfasis en once sectores productivos dentro de los cuáles se encuentra el sector petroquímico.

En el marco del PEI 2020 la Comisión de Hidrocarburos y Energía de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP), con el respaldo y participación del Instituto Petroquímico Argentino (IPA), de la Asociación Química y Petroquímica de Latinoamérica (APLA) y de la Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP), llevó a cabo una estimación del perfil del sector con el objetivo de aportar, desde el sector privado, datos cualitativos y cuantitativos de la industria petroquímica que permitan acompañar y desarrollar los lineamientos estratégicos de dicho plan.

Las estimaciones que se encuentran en el perfil en el año 2025 se realizaron con el aporte técnico e informativo de 14 empresas petroquímicas o de base petroquímica que trabajaron bajo una serie de premisas:



1. Crecimiento promedio de la economía argentina 2014 – 2025 = 3% aa.
2. La disponibilidad de materias primas necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados se haría evidente en los dos primeros años de la década de 2020, en cantidad, calidad y a precios competitivos.
3. Condiciones competitivas necesarias y suficientes como para alentar inversiones compatibles con la demanda local y con una economía de escala internacional; eventuales desajustes serían compensados con un adecuado sistema de promoción.
4. Consumos aparentes y escalas de producción acorde al conocimiento actual de las empresas y su experiencia productiva.
5. Precios de los productos vigentes en el mercado internacional en el año 2011.

Para arribar a las conclusiones, el informe se basó en dichas premisas y en el supuesto de que las inversiones llegaran de las empresas del sector u otros nuevos inversores que consideren llevar adelante los proyectos del caso.

Para el análisis se consideraron los siguientes productos petroquímicos:

- Ácido Tereftálico (PTA)
- Aminas
- Amoniaco
- UREA
- Etilenglicol (EG)
- Metanol
- Óxido de Etileno (OE)

- Oxido de Propileno (OP)
- Paraxileno (PX)
- Policloruro de Vinilo (PVC) y copolímeros
- Poliestireno (PS)
- Polietilenos lineal, de baja y alta densidad (LLDPE, LDPE y HDPE)
- Polipropileno y sus copolímeros
- Politereftalato de Etileno (PET)

Como se observa anteriormente, el ácido tereftálico es parte de los productos que integran el 90% de la producción del sector petroquímico y por lo tanto es de gran interés comenzar su producción en el país con la finalidad de sustituir las importaciones del mismo y potenciar la industria nacional.

La Industria Petroquímica Argentina detalla en su perfil en el 2025, la comparación del sector entre el año 2010 y 2025 permitiendo obtener una serie de datos útiles para el desarrollo del presente trabajo, para lo cual se basó en el esquema productivo estimado, en la proyección de demanda de materias primas, en las necesidades de gas natural (materia prima y generación de energía), en las necesidades de energía eléctrica, en las capacidades productivas existentes, los consumos aparentes y por último en el saldo de balanza comercial e inversión estimada al 2025 en comparación con el año 2010. (Cámara de la Industria Química y Petroquímica, 2014)

Producto	de balanza comercial y mano de obra necesaria del sector															
	2010					2025										
	Consumo aparente (kt)	Capacidad instalada (kt)	Productor (kt)	Importación (kt)	Exportación (kt)	SBC (MMUSD)	Capacidad (kt)	Productor (kt)	Importación (kt)	Exportación (kt)	SBC (MMUSD)	Tamaño de Planta Necesario (kt/año)	Inversión Necesaria (MMUSD)	Preço (USD/t)	Preço (USD/t)	Expo (t-CB)
LLDPE	245	300	237	57	109	21	600	600	0	100	178	400	300	1.788	1.788	1.780
LDPE	168	40	87	53	17	-156	400	400	0	50	85	350	500	1.930	1.707	1.707
HDPE	256	270	230	121	95	-45	500	500	0	50	74	400	200	1.712	1.485	1.485
PVC y Cop	137	200	172	67	102	46	345	230	110	0	-156	500	600	1.321	1.322	1.322
PP	309	306	261	105	57	-59	780	780	0	240	466	450	500	2.056	1.940	1.940
PEI	257	253	201	51	35	-58	1.153	1.153	0	384	748	900	400	1.749	1.949	1.949
PS	93	84	78	27	13	32	183	84	99	0	216	150	300	2.170	1.775	1.775
UREA/Fert	1.263	1.312	950	441	123	-145	2.312	2.312	0	141	61	1.000	1.100	455	434	434
Etileno	684	732	640	44	0	-68	1.630	1.630	0	130	104	1.300	3.300	1.322	651	651
Propileno	310	306	306	3	0	3	783	783	0	0	0	500	700	750	630	630
Estireno	112	160	146	4	38	44	160	160	0	40	61	200	466	1.290	1.520	1.520
PTA	170	0	0	170	0	-217	1.000	1.000	0	0	0	1.000	1.000	1.276	1.130	1.130
PX	0	0	0	0	0	6	1.000	1.000	0	313	458	1.000	1.000	1.340	1.410	1.410
EG	85	0	0	88	3	-100	350	350	0	60	39	350	900	1.171	980	980
Amoníaco	587	885	598	1	12	8	1.385	700	1.385	0	131	700	900	724	503	503
Aminas	7	0	0	7	0	-17	350	350	0	50	78	350	700	1.670	1.553	1.553
Metanol	363	450	408	35	80	21	698	450	0	450	-117	1.000	700	471	284	284
OE	0	0	0	0	0	0	600	600	0	175	350	600	1.200	2.000	2.000	2.000
OP	24	0	0	24	0	-19	81	0	81	0	-167	200	400	2.061	1.754	1.754
<b>Total</b>	<b>5.075</b>	<b>5.398</b>	<b>4.335</b>	<b>1.418</b>	<b>679</b>	<b>-882</b>	<b>14.533</b>	<b>13.987</b>	<b>545</b>	<b>2.062</b>	<b>2.225</b>	<b>15.466</b>	<b>15.466</b>			

Ilustración 20: Comparación año 2010 y 2025 del consumo aparente. (Industria Química y Petroquímica Argentina)

### 3.2.9 Análisis del Consumo Aparente

Para determinar el comportamiento de la demanda del TPA, se analiza el Consumo Nacional Aparente (CNA = Producción Nacional + Importaciones - Exportaciones). La serie de valores correspondientes a las importaciones realizadas en el periodo 2001/2016 se muestra en la siguiente tabla:

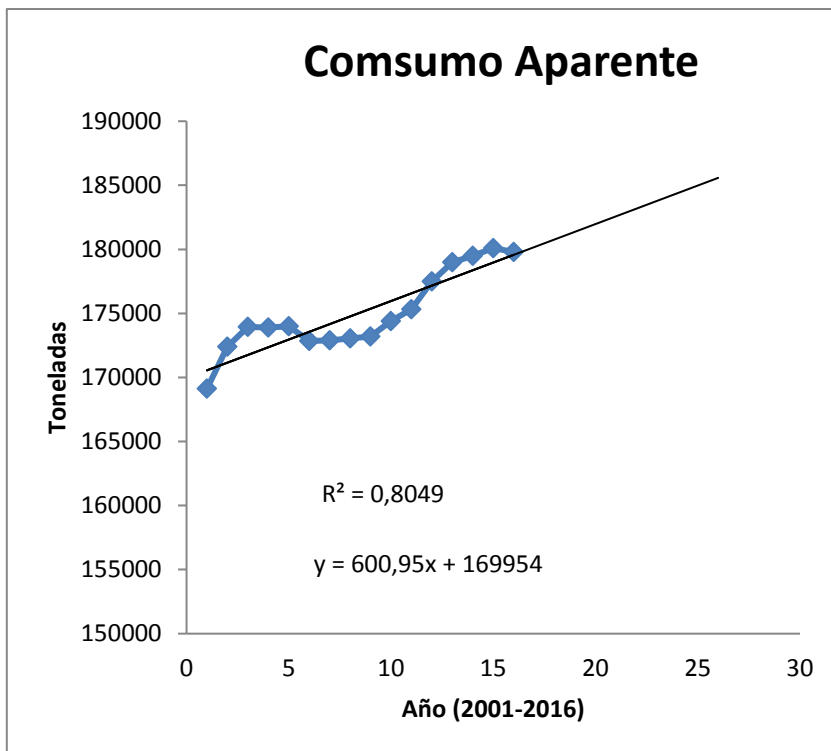
AÑO	TONELADAS IMPORTADAS	TONELADAS EXPORTADAS	TONELADAS PRODUCIDAS	CONSUMO APARENTE (toneladas)
<b>2001</b>	<b>169162</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>169131</b>
<b>2002</b>	<b>172400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>172400</b>
<b>2003</b>	<b>173989</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>173947</b>
<b>2004</b>	<b>173900</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>173900</b>
<b>2005</b>	<b>174000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>174000</b>
<b>2006</b>	<b>172839</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>172839</b>
<b>2007</b>	<b>172900</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>172900</b>
<b>2008</b>	<b>173050</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>173050</b>
<b>2009</b>	<b>173200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>173200</b>
<b>2010</b>	<b>174400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>174400</b>
<b>2011</b>	<b>175328</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>175328</b>
<b>2012</b>	<b>177500</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>177500</b>
<b>2013</b>	<b>179000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>179000</b>
<b>2014</b>	<b>179494</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>179494</b>
<b>2015</b>	<b>180100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>180100</b>
<b>2016</b>	<b>179800</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>179800</b>

*Tabla 9: Consumo Aparente a través de los años*

El análisis de esta distribución del consumo anual de TPA no puede realizarse en forma aislada al contexto económico nacional y mundial, en especial de la actividad industrial.

En la Ilustración 20 (Instituto Petroquímico Argentino, 2016) se muestra el Consumo Aparente del TPA de la Argentina. Como fue mencionado antes, nuestro país no es productor del ácido y no hay existencia de exportaciones registradas.

Es necesario analizar los datos para encontrar una tendencia en el consumo, la cual permitirá realizar pronósticos de la actividad en el futuro. Se pueden observar datos de frecuencia anual y sus variaciones pueden ser explicadas por fluctuaciones aleatorias propias del mercado de este producto, por un comportamiento cíclico y/o por valores que se encuentran correlacionados a factores extrínsecos que pueden ser circunstanciales.



Gráfica 5: Consumo Aparente del PTA en Argentina

Al analizar el Gráfico 5 y el contexto económico nacional a través de los años, se puede inferir las causas de las variaciones en el consumo del TPA. En los años 2001, 2002 y 2003 el consumo se mantuvo y en el año 2004 se observa una leve disminución del consumo debido a la crisis en la económica de los años anteriores en el país y vuelve a crecer en el año posterior.

Entre los años 2006 y 2009 se ve disminuido el consumo del producto ya que en dicho período acontece una gran recesión en la economía mundial que se refleja en todas las

economías e irrumpe con un continuado crecimiento de la actividad industrial y de la región. Este suceso constituye un factor externo.

En los años 2011/2016, la expansión de la economía impulsada por el alto consumo, fomentado por el gobierno nacional sumado a un contexto internacional de incentivos para lograr detener la crisis elevó la producción industrial.

### 3.2.10 Análisis de Tendencia

Al analizar la serie de valores anuales correspondientes al consumo nacional aparente del TPA, se puede encontrar una tendencia, que, expresada por una función, nos permita representar de manera aproximada el comportamiento histórico del consumo. La tendencia permitirá realizar pronósticos de consumos futuros.

Se obtuvo la función correspondiente a una recta representada por:  $y = 600,95x + 169954$ .

Siendo  $y$  el consumo aparente y  $x$  el año. La confiabilidad da un valor de  $R^2 0,8049$ . En base a esto, podemos considerar al ajuste como aceptable, pero con cierta incertidumbre futura fruto de los constantes altibajos en de la economía argentina. A pesar de eso, es indudable que la tendencia posee una pendiente positiva y que las perspectivas al consumo futuro son de crecimiento.

Debido a que la Industria Petroquímica Argentina dentro del estudio del perfil de la misma en el 2025 calcula y detalla el consumo aparente del TPA en dicho año, se utilizarán los datos citados del Perfil en el 2025 siendo el consumo estimado para dicho año de 1000 kt.

A partir de esto se puede considerar que existe una creciente demanda insatisfecha a nivel nacional que actualmente es cubierta por importaciones.

Si bien el proyecto está básicamente orientado a sustituir las importaciones argentinas de TPA, el mercado del producto para los países del cono sur es sumamente atractivo al considerar una futura ampliación o incremento en la producción.

### 3.3 Mercado de las materias primas

En la producción del ácido tereftálico se emplea como materia prima principal el p-xileno, el cuál es obtenido mayormente del petróleo crudo. A su vez se utiliza el oxígeno para llevar a cabo la oxidación de la materia prima principal y el ácido acético a modo de solvente. A continuación, se detalla la situación del mercado nacional e internacional de cada una de estas materias primas.

#### 3.3.1 Para-Xileno

##### 3.3.1.1 Industria nacional

En el país se encuentra instalada una planta de para xileno en Ensenada, Buenos Aires, perteneciente a YPF, con una capacidad instalada de 40000 t/a. la cual mantuvo su actividad hasta el 2008 exportando todo lo que producía. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

En la actualidad la planta no se encuentra en actividad y por lo tanto debe importarse.

p-XILENO						
NCM: 2902.43.00						
AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t) <sup>(1)</sup>	VALOR COMERCIO EXTERIOR (US\$/t)	
					IMPORTACION (CIF)	EXPORTACION (FOB)
2006	37.482	—	36.254	1.228	—	1.101
2007	32.467	—	34.670	(2.203)	—	1.058
2008	2.172	—	3.995	(1.823)	—	1.041
2009	—	—	—	—	—	—
2010	—	—	—	—	—	—
2011	—	—	—	—	—	—
2012	—	—	—	—	—	—
2013	—	—	—	—	—	—
2014	—	—	—	—	—	—
2015	—	—	—	—	—	—

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO	MATERIAS PRIMAS
YPF S.A.	Ensenada (Bs. As.)	40.000 <sup>(1)</sup>	Arco	Nafta cruda

ESTRUCTURA DEL MERCADO LOCAL EN 2015 (porcentual)

No hay consumo

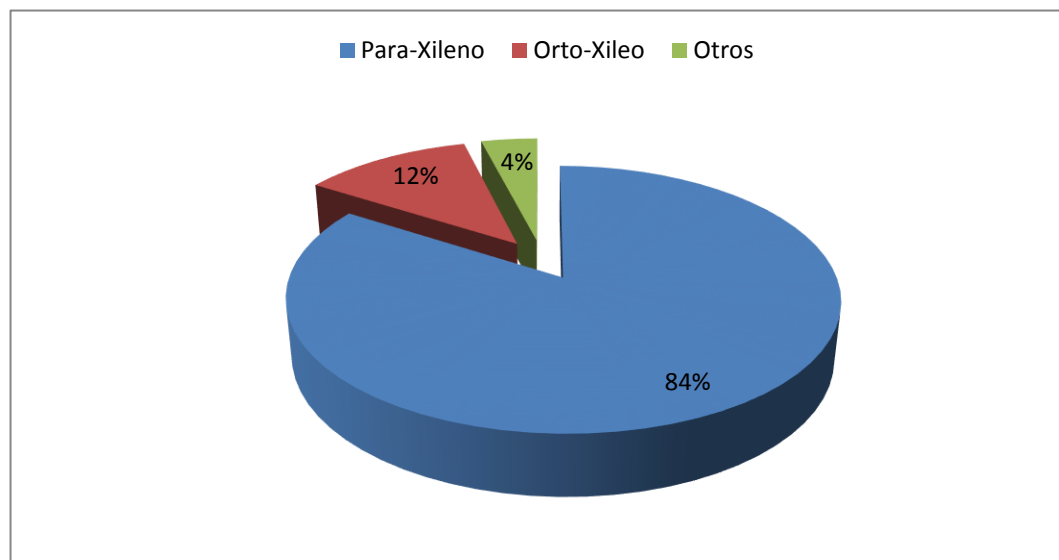
Nota: (1) Planta actualmente inactiva

Ilustración 21: Ficha Comercial del ácido acético extraída del Anuario Estadístico de IPA

### 3.1.1.1 Industria Internacional

Debido a que el p-xileno no se fabrica más en Argentina es necesario conocer su mercado a nivel mundial.

El mismo es el isómero más importante de la fracción C8 alquil aromáticos, por su uso en la producción de poliésteres sintéticos de utilización masiva en la industria textil (fibras de poliéster), de embalaje (botellas) y films plásticos lo cual lo ha convertido en una de las principales materias primas dentro de la industria química. La demanda porcentual del para-xileno entre los otros isómeros del xileno, se muestra en la figura siguiente (Instituto Petroquímico Argentino, 2016):



Gráfica 6: Demanda del p-xileno comparada con los isómeros del mismo. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

La demanda mundial de para-xileno, como insumo difundido en las materias primas (el para-xileno tiene fundamentos de mercado en línea con la evolución de la demanda de resinas poliésteres) seguirá creciendo a tasas promedios que rondarán el 6% anual, liderado por el consumo para fibras poliéster, especialmente en las zonas de Asia (China) y Oriente Medio. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)



Consultoras internacionales pronostican un crecimiento de la demanda global a una tasa compuesta anual que podrá variar entre un mínimo del 6,80 y máximo del 11,3% durante el período 2013-2019 de acuerdo a las condiciones imperantes del mercado. En términos de valor, Asia y el Pacífico será el segmento de mayor crecimiento en el mercado mundial, que se estima que crezca a una tasa compuesta anual del 11% durante el período de 2013-2019 impulsado principalmente por la industria del ácido tereftálico purificado.

Asia-Pacífico tuvo la mayor cuota de mercado mundial (83,0%) de para-xileno en 2014, seguido por el área de América del Norte, que se espera que crezca su consumo a una tasa compuesta anual del 9,3% durante los años anteriormente considerados. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

#### **3.1.1.1.5 Capacidad Instalada**

El mercado mundial de para-xileno es altamente competitivo dominado mayormente por Exxon Mobil Corp., seguido por British Petroleum p.l.c. y Sinopec Ltd. Otros productores de menor envergadura como JX Nippon Oil & Energy, Petrochina y Reliance Industries han adoptado alianzas, acuerdos, colaboraciones, y negocios conjuntos como estrategias para lograr competitividad significativa en el mercado.

La capacidad instalada de para-xileno se encuentra concentrada en la zona Asia, seguido por la región norte de América y Europa. La alta concentración en los países asiáticos (oriente medio) seguirá creciendo y se estima que para el 2023 ese porcentaje se incrementará un 80% sobre el actual.

A nivel regional, se encuentra en México PEMEX PETROQUIMICA con una capacidad instalada de 280.000 t/a, aunque sin producción actual, BRASKEM en Brasil con una capacidad de 203.000 t/a y una producción de casi 185.000 t/a e YPF en Argentina con una capacidad productiva de 40.000 t/a pero sin producción. Así entonces Latinoamérica muestra un balance negativo en su balanza comercial y productiva de dicho producto.

La producción mundial de para-xileno ha registrado una tasa compuesta anual de crecimiento del 5,54 % en el lapso 2004-2013 y de acuerdo a diferentes consultoras internacionales, la demanda global crecerá a una tasa compuesta anual de que variará del 5,8 al 6,8% durante el período 2015-2020. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

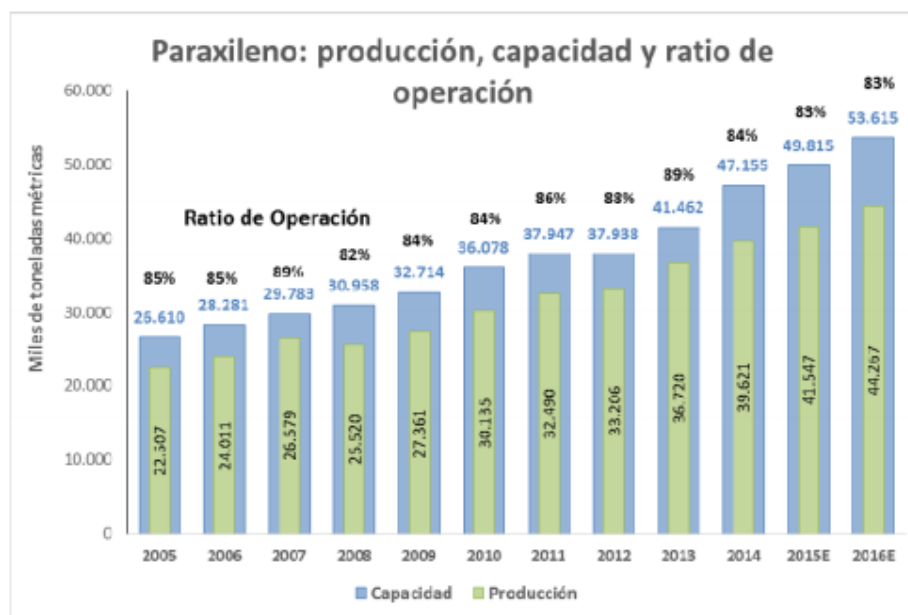


Ilustración 22: Producción, Capacidad y ratio de operación del Para xileno (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

En los últimos años, el mercado global de PX ha experimentado una expansión considerable. Nuevas capacidades de PX en Asia y el Medio Oriente se han sumado tales como los casos de Luoyang Petroquímica y Refinería de Hainan en China, HC Petroquímica, Samsung Total y la empresa conjunta entre la japonesa JX Nippon Oil & Energy y SK Química Mundial en Corea del Sur entre otras. Otras empresas están estudiando nuevas inversiones y ampliaciones en complejos productivos de aromáticos, tales como los casos de Saudi Aramco y Zhejiang Hengyi a través de un proyecto conjunto con Brunei Shell Petroleum. En la India se espera que la capacidad total alcance los 4,6 millones de toneladas en el año 2016, un incremento de casi el 100% en relación al año 2011 (2,3 millones de toneladas). Reliance Industries Ltd. tiene planes de expansión de su capacidad de PX de 2,08 millones de toneladas (2011) a 3,91 millones de toneladas en el año 2016. (Instituto Petroquímico Argentino, 2016)

### 3.1.1.1.6 Disponibilidad en el mercado

A pesar del gran crecimiento en la industria del p-xileno en Brasil, la capacidad instalada que posee no logra abastecer la demanda del mismo y por ende debe importar parte del producto. De esta forma argentina debe buscar otros orígenes del p-xileno para importarlo siendo el más cercano México, Estados Unidos y en último lugar Asia.

### 3.1.2 Ácido Acético

#### 3.1.2.1 Industria nacional

En el país hay en existencia dos plantas productoras de ácido acético, una en Río Tercero con una capacidad de 3600t/a y otra en Baradero con una capacidad de 12000t/a. Ambas industrias en la actualidad no se encuentran en funcionamiento siendo entonces importado todo el ácido acético utilizado a nivel nacional.

En el siguiente cuadro obtenido del anuario 2016 de la Industria Petroquímica Argentina puede corroborarse dicha información.

ÁCIDO ACÉTICO							
NCM: 2915.21.00							
AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)	VALOR COMERCIO EXTERIOR (U\$S/t)		
					IMPORTACION (CIF)	EXPORTACION (FOB)	
2006	13.900	23.601	833	36.668	678	843	
2007	14.906	20.649	442	35.113	771	928	
2008	13.496	17.794	426	30.864	895	1.031	
2009	14.150	14.838	114	28.874	678	876	
2010	13.823	20.171	45	33.949	641	1.180	
2011	444	25.672	6	26.110	671	2.379	
2012	—	20.835	2	20.833	687	—	
2013	1.116	22.750	1	23.865	709	—	
2014	—	23.727	1	23.726	756	—	
2015	—	21.457	1	21.456	733	—	

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO	MATERIAS PRIMAS
ATANOR S.C.A.	Río Tercero (Córdoba)	3.600	Atanor	Etanol
	Baradero (Bs. As.)	12.000	Rhone-Poulenc	Etanol

ESTRUCTURA DEL MERCADO LOCAL EN 2015 (porcentual)	
Industria química	80
Industria textil	8
Industria alimenticia	8
Varios	4

Ilustración 23: Ficha Comercial del ácido acético extraída del Anuario Estadístico de IPA

### *3.1.1.1 Industria Internacional*

La producción mundial total de ácido acético virgen se estima en 5 Mt/a (millones de toneladas por año), aproximadamente la mitad es producida en los Estados Unidos. La producción de Europa es aproximadamente 1 Mt/a y está en descenso, y 0,7 Mt/a son producidos en Japón. Otros 1.5 Mt es reciclado cada año, llevando el mercado mundial total a 6.5 Mt/a. Los dos mayores productores de ácido acético virgen son Celanese y BP y otros menos importantes son Millennium Chemicals, Sterling Chemicals, Samsung, Eastman Chemical Company y Svensk Etanolkemi.

A nivel regional como uno de los principales productores está México con tres plantas que producen ácido acético industrial al 85%, ácido acético industrial y ácido acético glacial al 99%. (MitEdu, 2017)

## 3.4 Análisis de precios

### 3.4.1 Análisis de precios del ácido tereftálico

En Argentina el ácido tereftálico es importado en su totalidad, no existe producción nacional actualmente; por lo tanto, la evolución de los precios del TPA se estiman desde el análisis de las importaciones argentinas y se realiza por los datos colectados por la Aduana Argentina, expresado en precios CIF (Cost, insurance and freight), los que incluyen los fletes y los seguros que deben pagarse junto con la carga transportada ingresada al país. Con este precio una industria nacional debe competir contra los importados, por lo cual resulta más importante que aquellos precios que puedan manejarse internacionalmente en las transacciones de commodities.

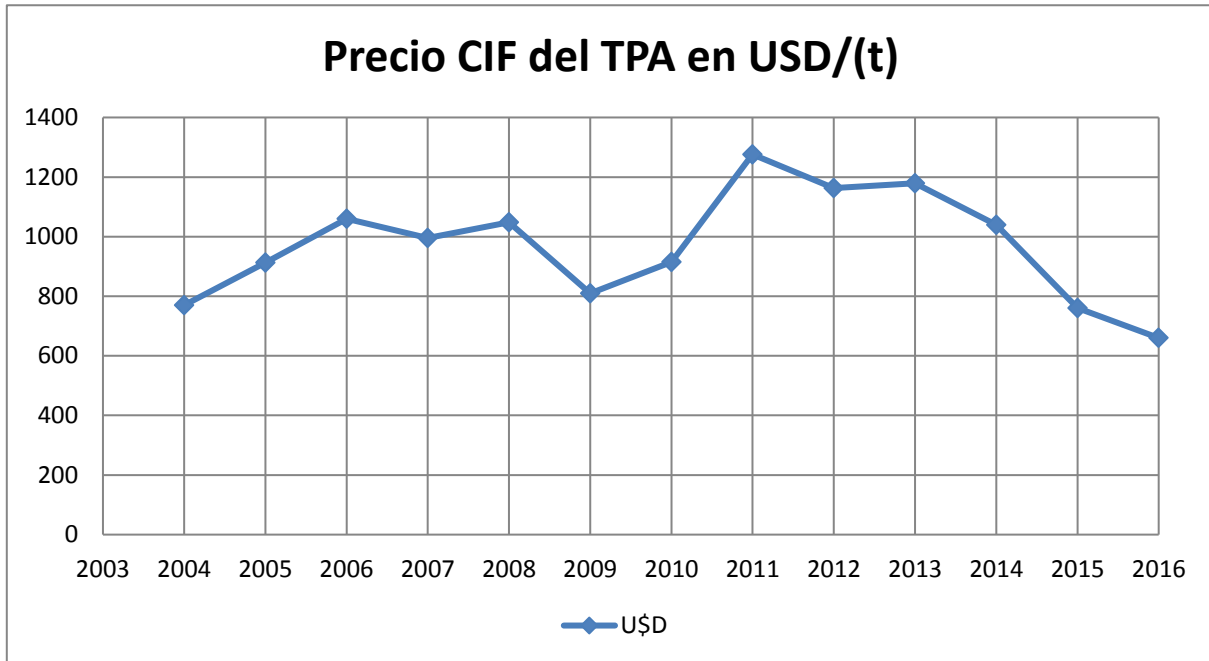
<b>Año</b>	<b>Valor barril de petróleo brent usd</b>
<b>2004</b>	38,28
<b>2005</b>	54,29
<b>2006</b>	64,97
<b>2007</b>	72,95
<b>2008</b>	102,40
<b>2009</b>	61,64
<b>2010</b>	79,91
<b>2011</b>	112,25
<b>2012</b>	111,94
<b>2013</b>	109,62
<b>2014</b>	99,92
<b>2015</b>	53,95
<b>2016</b>	45,10

Tabla 10: Precio histórico anual del barril de petróleo BRENT

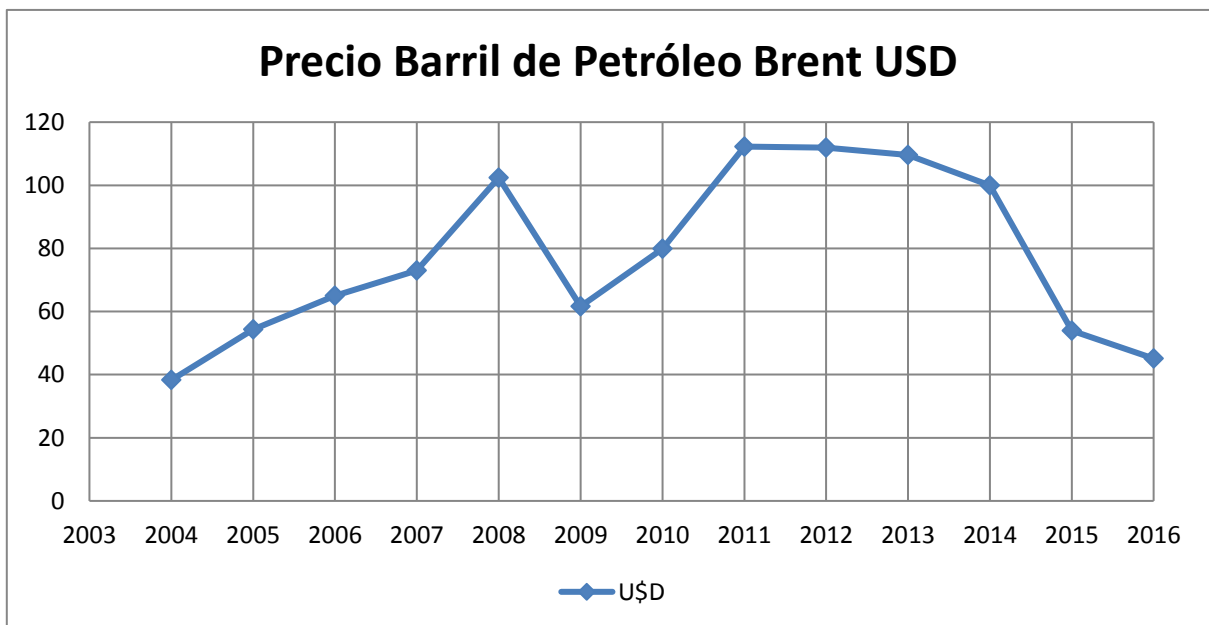
<b>Año</b>	<b>Precio tpa cif en usd/t</b>
<b>2004</b>	770
<b>2005</b>	913
<b>2006</b>	1060
<b>2007</b>	995
<b>2008</b>	1048
<b>2009</b>	810
<b>2010</b>	915
<b>2011</b>	1276
<b>2012</b>	1163
<b>2013</b>	1179
<b>2014</b>	1040
<b>2015</b>	760
<b>2016</b>	660

Tabla 11: Precio CIF histórico anual del TPA.

(Scavage, 2017) (Cinco Dias, el país., 2017)



Gráfica 7: Precio CIF histórico anual.



Gráfica 8: Precio histórico anual del barril de petróleo Brent.

En la Gráfica 7 se observa que los precios del TPA tuvieron un crecimiento durante el período 2004-2011 con una interrupción en el período 2007-2009 producto de la caída que sufrieron los precios de todos los commodities en esos años debido a una gran recesión en la economía mundial que se refleja en todas las economías e irrumpe con un continuado crecimiento de la actividad y de la región. Este suceso constituye un factor externo y provocó la caída en los precios para ese periodo. Dentro del mismo se observa que donde afectó en mayor proporción es en el año 2009.

Luego de ese traspasé, los precios aumentaron llegando a superar los 1276 dólares la tonelada impulsada por los altos valores del barril de petróleo en los años 2011 y 2012 el cual alcanzó un promedio de USD 112,25 para el caso del Petróleo Brent. A partir del año 2012 se empezó a registrar una continua caída en el precio, la cual coincide con la caída del precio internacional de los hidrocarburos (siendo el precio histórico del petróleo el reflejo de esto). En el año 2015 y 2016, el petróleo registró una estrepitosa caída a niveles impensados hasta el momento llegándose a valores que se remontan a 10 años antes, cayendo en igual proporción el precio del ácido tereftálico.

La vinculación del desempeño del precio del petróleo con el precio del TPA la realizamos analizando los datos de las tablas (Tabla 10 y Tabla 11) y se efectúa una prueba de correlación (Tabla 12) la cual arroja que los datos se correlacionan en un **89%**, demostrando que el precio del ácido mantiene un comportamiento asociado a la variación del precio del petróleo, siendo este directamente influyente y definitorio.

	<i>precio CIF en USD/t</i>	<i>Precio barril BRENT del petróleo USD</i>
<b>precio CIF en USD/t</b>	1	
<b>Precio barril BRENT del petróleo USD</b>	0,890302407	1

Tabla 12: Correlación de los datos de la Tabla 5 y de la Tabla 6.

(Excel)



#### *3.4.1.1 Análisis de tendencia y predicción de precios futuros para el TPA*

Se realizará el análisis de la tendencia y predicciones para la serie del promedio anual de precios CIF registrados para el ácido tereftálico.

Para poder identificar una tendencia que permita representar de manera aproximada el comportamiento histórico del precio, es necesario analizar la serie de valores anuales. La tendencia permitirá realizar pronósticos de precios futuros. La función hallada tendrá una confiabilidad asociada, el cual nos dará una medida de cuan diferentes son los valores arrojados por estos respectos a los valores de la serie. Esta confiabilidad es medida por el índice “R cuadrado”, el cual, mientras más cercano a 1 se encuentra, tanto más confiable será la función de tendencia.

Tras un análisis de los datos, se llega a la conclusión de que la tendencia del precio del TPA se ve afectado por diversos factores dentro de los cuáles se pueden enunciar:

- Situación económica nacional
- Situación económica internacional
- Desarrollo Industrial nacional
- Fluctuaciones en el precio del petróleo

Haciendo, de esta forma, imposible tener un precio futuro estimado del mismo con gran certeza.

Como se ha observado anteriormente, el precio del producto en cuestión se encuentra ligado a las fluctuaciones en el precio del petróleo en gran medida, siendo este muy influyente, por lo tanto, se realiza el análisis de la tendencia del precio teniendo en cuenta el informe Perspectiva Mundial del Petróleo 2015 (WOO en sus siglas en inglés) realizado por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y la Organización mundial del petróleo.

En dicho estudio se prevé el precio a futuro del petróleo con la utilización de datos históricos del mismo y teniendo en cuenta las políticas económicas llevadas a cabo en el mundo, en

cada una de las regiones, como así también, teniendo en cuenta las fluctuaciones en la demanda y la oferta del crudo en todos los países.

La evolución de la economía mundial sigue siendo fundamental para el panorama general. En el año 2015 ha ofrecido indicadores optimistas y pesimistas en algunas regiones y en algunos países. Pero a nivel mundial se observa una mayor tasa de crecimiento económico en 2016 (3,5%), en comparación con 2015 cuyo crecimiento económico se estima en un 3,2% y luego llegando a 3,8% en 2018. A lo largo del período de pronóstico a largo plazo entre 2014 Y 2040, la tasa promedio de crecimiento económico global es del 3,5%. Por el lado de la demanda, el WOO de este año prevé que la demanda de petróleo aumente a 97,4 millones de barriles por día (Mb / d) en 2020, frente a 96,9 Mb / d en la Perspectiva del año pasado, un aumento de 500.000 b / d.

En el WOO se indica que a partir del 2016 el valor nominal del crudo iniciará una tendencia alcista que lo lleve hasta los 80 dólares por barril en el año 2020 y a alcanzar los 160 para el 2040. Este cálculo se ha hecho previendo el crecimiento de la economía mundial, entre un 3,5% y un 3,7% anual, en el periodo 2016-2020, y un 3,6% y un 3,3% durante las dos décadas siguientes. A esto va ligado “una creciente demanda energética global, sobre todo de países emergentes como China e India, la industrialización, el aumento de la población y la expansión de la clase media, que significará el 63% del consumo de energía global”, explica en su informe la OPEP.

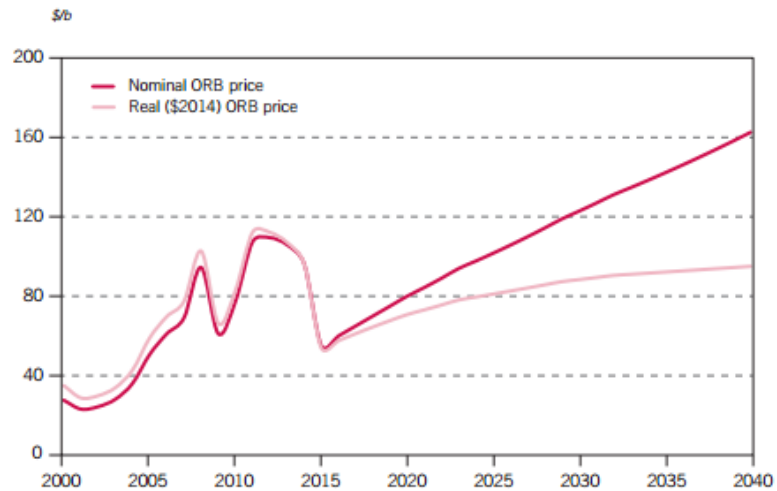


Ilustración 24: Precio nominal del barril de referencia del petróleo. (Organización de Países Exportadores de petróleo, 2015)

Teniendo en cuenta la relación existente entre la variación del precio del petróleo y la variación del precio del TPA junto con el informe de la OPEP, se puede estimar el precio del ácido para el 2020.

De acuerdo a datos oficiales, el precio del petróleo en el 2016 fue de 45,1 dólares por barril y se estima que en el 2020 sea de 80, teniendo así una suba en el precio del 77 %. Considerando que la suba del precio del ácido ocurre en la misma proporción se obtiene que para el 2020 el precio del mismo sea de 1168 dólares por toneladas.

Para verificar la analogía realizada, se compara con los datos extraídos del informe “La Industria Petroquímica Argentina y su perfil en el 2025” de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica, en donde se encuentra que para el año 2025 se espera un precio del PTA de 1276 dólares por tonelada.

### 3.4.2 Análisis de precios de materias primas

#### 3.4.2.1 Para- Xileno

##### 3.1.1.1.7 Análisis de tendencia y predicción de precios futuros para el Para-Xileno

En Argentina existe una planta de producción de p-xileno perteneciente a YPF que tuvo actividad hasta el año 2008, exportando el 100% de lo producido. En la actualidad dicha planta no se encuentra en funcionamiento y por ende no hay producción nacional del mismo.

Debido a que para realizar TPA es necesario el p-xileno, el mismo debería comenzar a importarse y entonces es necesario conocer su precio. En el informe de la Industria Petroquímica Argentina, como se mencionó anteriormente, se observa un cuadro en el cuál se citan las predicciones futuras de los principales productos petroquímicos del país que deben comenzar a producirse a nivel nacional. Entre los mismos se encuentra el p-xileno y se obtiene que para el año 2025 tenga un valor CIF de 1340 dólares por tonelada.

En comparación con el valor CIF del p-xileno en 2016 en Brasil tomado como referencia (Scavage Brasil) (1039 dólares por tonelada) se puede deducir que en los próximos años dicho valor tendrá una suba de 300 dólares.

p-XILENO						
NCM: 2902.43.00						
AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t) <sup>(1)</sup>	VALOR COMERCIO EXTERIOR (US\$/t)	EXPORTACION (FOB)
2006	37.482	—	36.254	1.228	—	1.101
2007	32.467	—	34.670	(2.203)	—	1.058
2008	2.172	—	3.995	(1.823)	—	1.041
2009	—	—	—	—	—	—
2010	—	—	—	—	—	—
2011	—	—	—	—	—	—
2012	—	—	—	—	—	—
2013	—	—	—	—	—	—
2014	—	—	—	—	—	—
2015	—	—	—	—	—	—

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO	MATERIAS PRIMAS
YPF S.A.	Ensenada (Bs. As.)	40.000 <sup>(1)</sup>	Arco	Nafta cruda

ESTRUCTURA DEL MERCADO LOCAL EN 2015 (porcentual)

No hay consumo

Nota: (1) Planta actualmente inactiva

Ilustración 25: Ficha Comercial del p-xileno extraída del Anuario Estadístico de IPA

### 3.4.2.2 Ácido Acético

En la actualidad como se expresó anteriormente, no existe producción nacional de ácido acético y por ende el mismo debe ser importado.

ÁCIDO ACÉTICO							
NCM: 2915.21.00							
AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)	VALOR COMERCIO EXTERIOR (U\$S/t)		
					IMPORTACION (CIF)	EXPORTACION (FOB)	
2006	13.900	23.601	833	36.668	678	843	
2007	14.906	20.649	442	35.113	771	928	
2008	13.496	17.794	426	30.864	895	1.031	
2009	14.150	14.838	114	28.874	678	876	
2010	13.823	20.171	45	33.949	641	1.180	
2011	444	25.672	6	26.110	671	2.379	
2012	—	20.835	2	20.833	687	—	
2013	1.116	22.750	1	23.865	709	—	
2014	—	23.727	1	23.726	756	—	
2015	—	21.457	1	21.456	733	—	

Ilustración 26: Ficha Comercial del ácido acético extraída del Anuario Estadístico de IPA.

En la siguiente ilustración se muestran los valores CIF del mismo de los últimos años:

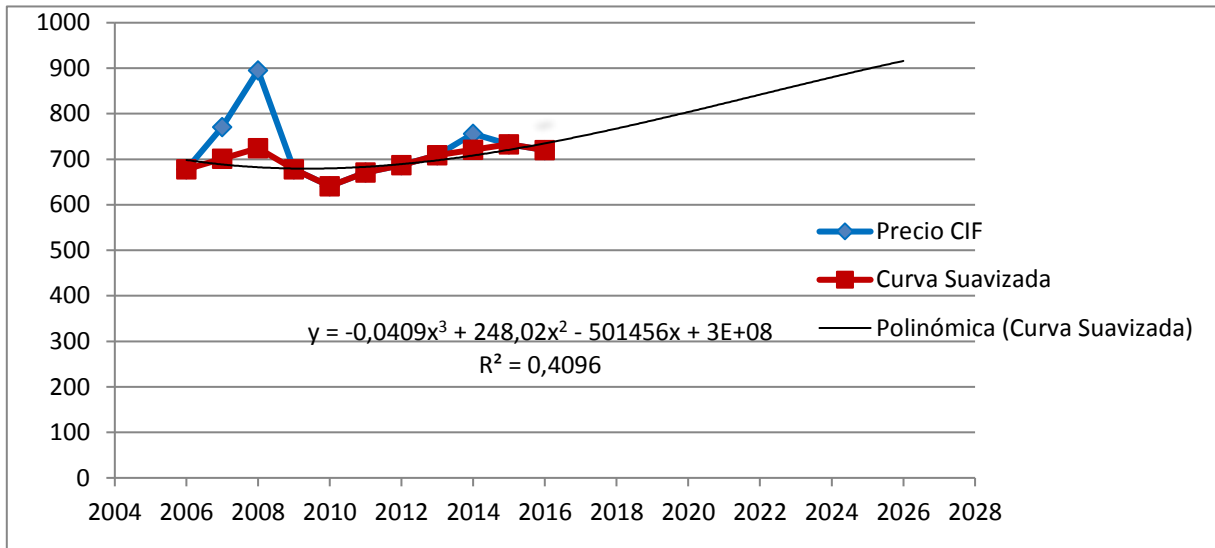
Ahora se debe realizar la proyección de precios hasta el año 2025 y para lograrlo es necesario trabajar sobre la serie de precios. Lo primero que se realizará es suavizar el precio correspondiente a los años 2007, 2008 y 2014. Dichos años previos a la gran recesión de la economía mundial que se reflejó en todas las economías e irrumpió con un continuado crecimiento de la actividad industrial y de la región, muestran valores del mercado irreales y por ende han sido suavizados, promediando los valores de los años 2006-2009 y 2013-2015 marcados en tono rojizo, para luego remplazarlo como precio para el ácido acético en los años correspondientes.

Año	Precio CIF	Curva Suavizada
2006	678	678
2007	771	701,25
2008	895	724,5
2009	678	678
2010	641	641
2011	671	671
2012	687	687
2013	709	709
2014	756	721
2015	733	733
2016	720	720

Tabla 13: Precio CIF del Ácido acético y curva suavizada

Con dicha tabla, se efectúa un análisis de tendencia, la cual puede ser visualizada en la Gráfica 9. Esta arroja que el mejor ajuste posible se obtiene mediante una función del tipo polinómica expresada por  $y = -0,0409x^3 + 248,02x^2 - 501456x + 3E+08$  donde X representa al orden en la serie, siendo 1 para el año 2006 y 12 para el año 2017. Sin embargo, el índice

$R^2$  es de 0,4096 y no resulta satisfactorio. Es necesario efectuar otro estudio para lograr llegar a una tendencia con un ajuste aceptable.



Gráfica 9: Precio CIF del ácido acético, curva suavizada y curva de tendencia

Se debe estudiar estadísticamente la serie, para lo cual se procede a restar los valores de la tendencia calculada expresada por  $y = -0,0409x^3 + 248,02x^2 - 501456x + 3E+08$  para obtener una serie libre de tendencia que nos permita encontrar valores extremos.

Año	Curva suavizada	Tendencia	Diferencia
2006	678	700	-22
2007	701,25	690	11,25
2008	724,5	680	44,5
2009	678	678	0
2010	641	674,5	-33,5
2011	671	671	0

2012	687	687	0
2013	709	700	9
2014	721	709	12
2015	733	720	13
2016	720	732	-12

Tabla 14: Diferencia entre la Curva suavizada y la Curva de tendencia.

Con los valores de la serie libre de tendencia (residuos) de la columna Diferencia de la Tabla 14, se calcula la Media y desviación estándar dando:

<b>Media</b>	<b>2,02272727</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>20,5086733</b>

Tabla 15: Media y Desviación estándar de la serie libre de tendencia

Ahora se puede establecer un criterio para identificar valores extremos. Así se designará como tales a aquellos que se excedan en valor absoluto una y un cuarto de veces la desviación típica (sigma) respecto a la media ( $2,022 + 1,25 \times 20,508$ ). Esto será suficiente para lograr una línea de tendencia con una confiabilidad aceptable. Se pueden visualizar fácilmente los valores extremos en la Gráfica 10.





Gráfica 10: Valores extremos de la serie

Año	Precio CIF USD/t Serie Final
2006	678
2007	701,25
2008	680
2009	678
2010	674,5
2011	671
2012	687
2013	709

<b>2014</b>	721
<b>2015</b>	733
<b>2016</b>	727

Tabla 16: Precio CIF serie final del ácido acético

<b>Año</b>	<b>Tendencia del precio según serie final</b>
<b>2006</b>	685
<b>2007</b>	682
<b>2008</b>	680
<b>2009</b>	680
<b>2010</b>	682
<b>2011</b>	685
<b>2012</b>	687
<b>2013</b>	700
<b>2014</b>	709
<b>2015</b>	723
<b>2016</b>	730

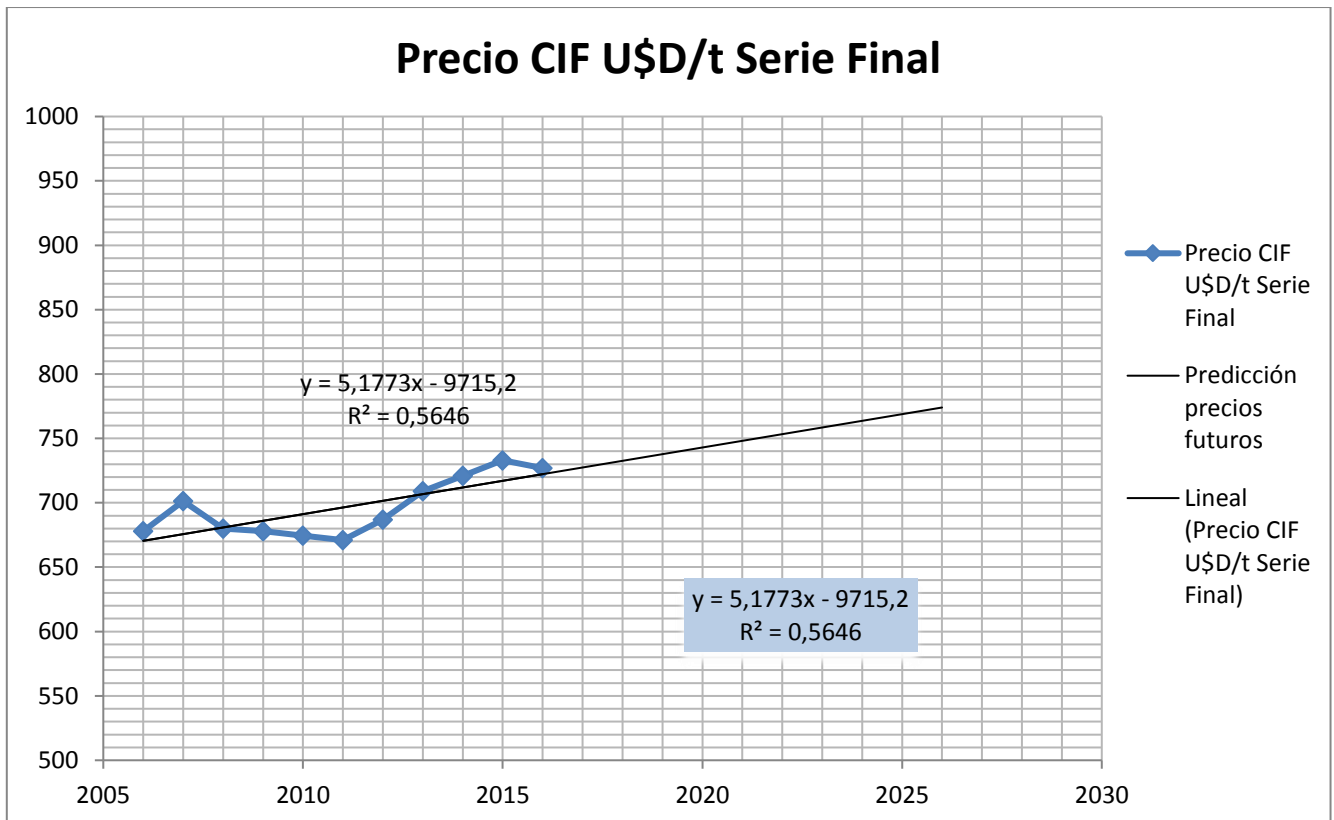
Tabla 17: Tendencia del precio del ácido acético según serie final.

Año	Predicción del precio USD/t
2017	760
2018	778
2019	800
2020	825
2021	850
2022	880
2023	916
2024	950
2025	982

Tabla 18: Precio proyectado del ácido acético

La serie final está representada en la Gráfica 11, donde se visualizan los precios originales de la serie (azul), los que se originaron luego del suavizado por corresponder a situaciones excepcionales y aquellos que mediante un análisis estadístico se determinó que correspondían a valores extremos de la serie (verde), siendo remplazados por los valores de la tendencia expresados por la función  $y = -0,0409x^3 + 248,02x^2 - 501456x + 3E+08$  donde X representa al orden en la serie, siendo 1 para el año 2006 y 11 para el año 2016.

Ahora, se puede elaborar una nueva tendencia más fiable que permita la proyección a precios futuros. La nueva tendencia queda representada por la Tabla 17 y la predicción del precio hacia 10 años en el futuro (2025) por la Tabla 18, quedando representada por la Gráfica 11.



Gráfica 11: Precio CIF del ácido acético serie final y su proyección.

### 3.5 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta la cual se utiliza para conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio permitiendo de esta forma obtener un diagnóstico preciso. Por ende, en función de este diagnóstico, se puede tomar decisiones acordes con los objetivos formulados.

A continuación, se presenta una planilla FODA con su respectivo análisis.

#### Fortalezas

- El TPA es de gran utilización comercial, puesto que, al ser co-polimerizado con otros compuestos, forma una gran variedad de polímeros de gran demanda, lo que hace que su comercialización sea simple.

- El mercado de los derivados del TPA se mantiene un crecimiento rápido y constante durante el período de tiempo estudiado.
- Sustitución de las importaciones de TPA, lo cual representa una fortaleza a la hora de lograr apoyo financiero por parte del estado nacional.
- Generación de puestos de trabajo favorece a la economía nacional y el Estado incentiva las actividades que ofrecen esta oportunidad.
- El producto que se encuentra entre las principales importaciones nacionales y que de acuerdo al Plan 2020 y el 2025 el gobierno busca sustituir su importación cubriendo el mercado nacional como así también cubrir parte del mercado internacional exportando y consiguiendo obtener un balance comercial positivo.

### **Oportunidades**

- Única industria del tipo en el país.
- Creciente demanda interna y mundial del ácido tereftálico.
- Posibilidad de acceso de nuevos mercados externos, debido a que existen pocos productores en Sudamérica.
- Posibilidad de asociación con proveedores de materia prima, y firma de convenios con empresas generadoras de p-xileno.
- Buen precio de mercado del producto y materias primas.
- Dar una solución a la faltante de ácido tereftálico en la región.
- Los análisis realizados arrojan la oportunidad de montar una industria que logre ser atractiva para los inversores.

### **Debilidades**

- Costos de producción locales que puedan restar rentabilidad al comparar con los costos que se tienen en otros países.
- La disponibilidad de la materia prima a nivel nacional es escasa por ende deben ser importadas.

- La competencia la constituyen empresas multinacionales sumamente poderosas en el mercado.
- La materia prima necesaria está atada a la producción de la industria petrolera y su dependencia es alta.
- La inestabilidad de la economía argentina.

#### **Amenazas**

- Competencias con industrias extranjeras del primer mundo, con elevada capacidad productiva, y que satisfacen gran parte de la demanda mundial de dicho producto.
- Brasil ya posee varias plantas instaladas que pertenecen a compañías multinacionales y que pueden condicionar al mercado que se pretende cubrir.
- Volatilidad e incertidumbre de los mercados, producto de las recurrentes crisis nacionales e internacionales.

#### 3.6 Conclusiones

- El Ácido Tereftálico es de gran utilización comercial, debido a que puede ser copolimerizado con otros compuestos, formando una gran variedad de polímeros de gran demanda siendo su principal mercado la producción de poliéster, principalmente Polietileno tereftalato (PET), textiles, envases, mobiliario, bienes de consumo, recubrimientos, resinas).
- En América la industria del TPA se concentra en unos pocos participantes, pero a nivel mundial es más diversificado con 43 productores y más de 99 instalaciones de producción, de las cuales aproximadamente 79% se encuentran en Asia. Dentro de los principales productores a nivel mundial por orden de mayor capacidad instalada se encuentran Yisheng en China, BP en Reino Unido, Hengli en China, Reliance en India, FCFC en Taiwán, Sinopec en China, Mitsubishi en Japón y Alpek en México. En Argentina el ácido tereftálico es parte de los productos que integran el 90% de la producción del sector petroquímico y por lo tanto es de gran interés comenzar su producción en el país con la finalidad de sustituir las importaciones del mismo y potenciar la industria nacional.

- Se espera que la demanda de PTA crezca sostenidamente para el período 2016-2025. Para dicho período se proyecta una demanda en alza impulsada principalmente por las industrias de polietileno tereftalato (PET) y las textiles.
- La demanda mundial de PTA aumentó a una Tasa Anual de Crecimiento Anual (CAGR) de 5.3% desde 2011, y estaría llegando a 66 millones de toneladas en 2020.
- Este estudio se ha focalizado en el análisis del mercado local argentino. Actualmente no existen productores de PTA y la demanda interna es saciada mediante importaciones. Estas importaciones provienen principalmente de Brasil, México y América del norte. Es por esta razón que se busca sustituir dichas importaciones.
- El ministerio de Industria de la Nación presentó en 2010 el Plan Estratégico Industrial 2020, donde definió una serie de lineamientos generales y específicos para el crecimiento y consolidación de la industria nacional, con énfasis en once sectores productivos dentro de los cuáles se encuentra el sector petroquímico y en donde se destaca la importancia de la sustitución de la importación de determinados productos, entre ellos del Ácido Tereftálico.
- La Industria Petroquímica Argentina detalla en su perfil en el 2025, la comparación del sector entre el año 2010 y 2025 permitiendo obtener una serie de datos útiles para el desarrollo del presente trabajo, para lo cual se basó en el esquema productivo estimado, en la proyección de demanda de materias primas, en las necesidades de gas natural (materia prima y generación de energía), en las necesidades de energía eléctrica, en las capacidades productivas existentes, los consumos aparentes y por último en el saldo de balanza comercial e inversión estimada al 2025 en comparación con el año 2010.
- La demanda mundial de p-xileno, como insumo difundido en las materias primas (el para-xileno tiene fundamentos de mercado en línea con la evolución de la demanda de resinas poliésteres) seguirá creciendo a tasas promedios que rondarán el 6% anual, liderado por el consumo para fibras poliéster, especialmente en las zonas de Asia (China) y Oriente Medio.

Se realizaron, por tanto, análisis de los precios, consumos, disponibilidad de materias primas y otros factores relevantes del mercado mundial, regional y nacional. Los resultados son prometedores y plantean la posibilidad de llevar adelante esta empresa de forma rentable.

En conclusión, llevar a cabo la instalación de una planta productora de TPA en nuestro país, aprovechando la sustitución de importaciones constituye un proyecto prometedor.



## **Capítulo IV**

### **4 CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA PLANTA**

#### 4 Introducción

A la hora de evaluar los factores determinantes para la instalación de una planta, es necesario calcular el tamaño óptimo de la misma con el fin de saber la capacidad de producción que tendrá y así realizar el análisis económico.

El tamaño óptimo de un proyecto es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

Para determinar el tamaño óptimo de la planta es necesario conocer el proceso de manufactura y todas las operaciones que este implica.

Se describen cinco tipos de procesos de manufactura:

- Un proceso de manufactura por proyecto se refiere al hecho de construir algún producto por única ocasión, o en dos o tres ocasiones.
- La manufactura por órdenes de producción implica elaborar determinada cantidad de producto con ciertas características, para lo cual se requiere personal con habilidades especiales, con experiencia, que utilizad equipo productivo especializado y para elaborar la producción se fija un tiempo límite.
- Un proceso de manufactura por lotes se presenta cuando se fabrica un producto similar en grandes cantidades sobre la base de operaciones repetitivas. En realidad, este tipo de manufactura es similar al de órdenes de trabajo, con la diferencia que en lotes el producto se elabora en grandes volúmenes y en las órdenes de trabajo rara vez se ejecutan.
- La manufactura por línea se utiliza cuando una empresa que elabora una gama de productos fabrica con mayor demanda que los demás; entonces se considera que vale la pena hacer una línea de producción exclusiva para este artículo.

- En la manufactura de procesamiento continuo, una materia prima pasa a través de varios procesos y con ella se elaboran diversos productos sin interrupción; este procedimiento puede durar meses o años.

Para el caso de la planta de producción de ácido tereftálico, se presenta un proceso de manufactura continuo.

#### 4.1 Factores que determinan el tamaño del proyecto

Dentro de los factores que influyen en la determinación del tamaño del proyecto, se encuentra la cantidad demandada proyectada a futuro y es el factor condicionante más importante.

Aunque el tamaño puede ir posteriormente adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente, es necesario que se evalúe esa opción contra la de definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder oportunamente a una demanda creciente en el tiempo.

Para definir la capacidad se analiza la demanda en función del estudio de mercado, y se realizan proyecciones futuras de aquellos datos con el objetivo de que el tamaño no sólo responda a una situación de corto plazo, si no también, que se optimice frente al dinamismo de la demanda.

Es necesario saber que se cuenta con la posibilidad de abastecimiento de insumos y materias primas que satisfagan la capacidad seleccionada y la calidad requerida, por lo tanto, aquí se encuentra un factor que puede ser limitante en el tamaño del proyecto.

La relación entre tamaño, tecnología y equipos son factores que se deben tener en cuenta; existen procesos o técnicas que exigen una escala mínima, por ejemplo, para poder ser aplicables, debido a que por debajo de esos niveles los costos se vuelven excesivos.

Siempre se debe tratar de disminuir el costo de producción, aumentar las utilidades y elevar la rentabilidad del proyecto.

Por último, es necesario asegurarse que se cuente con el personal suficiente y apropiado para cada uno de los puestos, y que los recursos financieros sean suficientes para atender las necesidades de inversión de la planta del tamaño deseado y por lo tanto, es aconsejable elegir el proyecto que se financia con mayor comodidad y seguridad.

#### 4.1.1 Demanda

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en el estudio de mercado sobre la demanda o consumo aparente se realiza una tabla donde se registran los valores de demanda proyectada en el futuro. En la misma, se representa la demanda insatisfecha, la cual es igual al consumo aparente ya que no se produce en el país el ácido tereftálico.

La ecuación utilizada para calcular la demanda proyectada a futuro es la de linealización del consumo aparente:

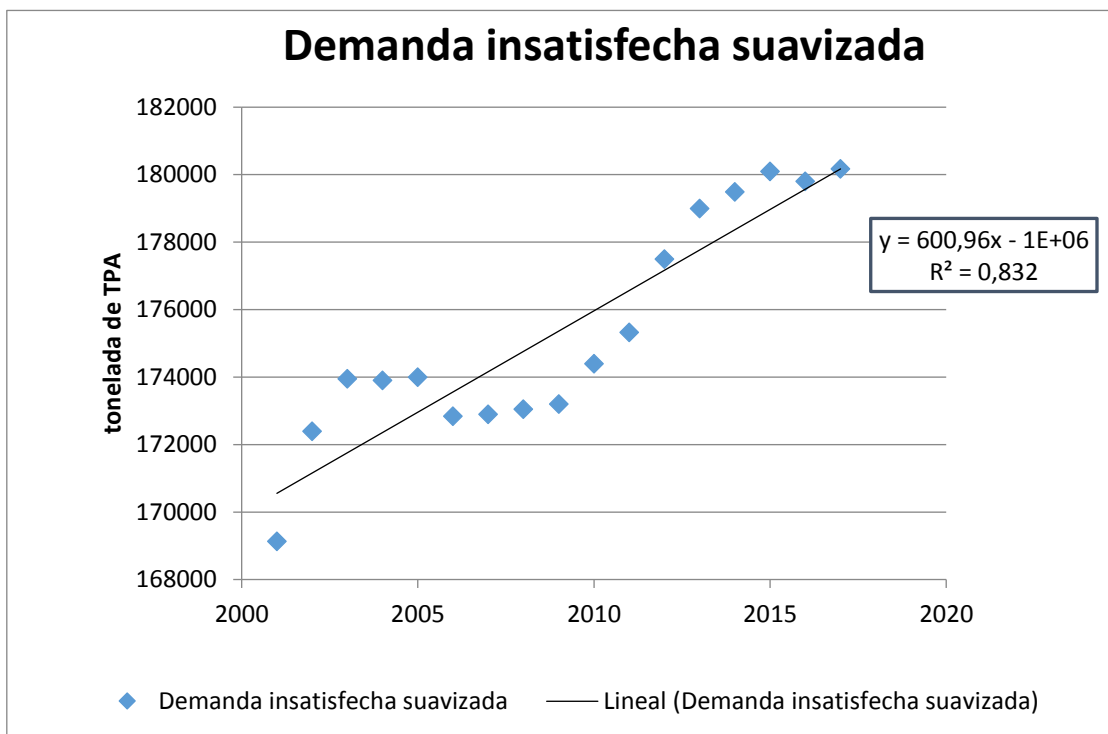
$$y = 600,95x + 169954$$

<b>Crecimiento de la demanda de TPA a futuro</b>		
<b>Periodo</b>	<b>Demanda insatisfecha (t/año)</b>	<b>Tasa de crecimiento %</b>
<b>2001</b>	<b>169131</b>	
<b>2002</b>	<b>172400</b>	<b>1,93%</b>
<b>2003</b>	<b>173947</b>	<b>0,90%</b>
<b>2004</b>	<b>173900</b>	<b>-0,03%</b>
<b>2005</b>	<b>174000</b>	<b>0,05%</b>
<b>2006</b>	<b>172839</b>	<b>-0,67%</b>
<b>2007</b>	<b>172900</b>	<b>0,07%</b>

<b>2008</b>	<b>173050</b>	<b>0,08%</b>
<b>2009</b>	<b>173200</b>	<b>0,08%</b>
<b>2010</b>	<b>174400</b>	<b>0,69%</b>
<b>2011</b>	<b>175328</b>	<b>0,53%</b>
<b>2012</b>	<b>177500</b>	<b>1,23%</b>
<b>2013</b>	<b>179000</b>	<b>0,84%</b>
<b>2014</b>	<b>179494</b>	<b>0,27%</b>
<b>2015</b>	<b>180100</b>	<b>0,33%</b>
<b>2016</b>	<b>179800</b>	<b>-0,17%</b>
<b>2017</b>	<b>180170,15</b>	<b>0,20%</b>
<b>2018</b>	<b>180771,1</b>	<b>0,33%</b>
<b>2019</b>	<b>181372,05</b>	<b>0,33%</b>
<b>2020</b>	<b>181973</b>	<b>0,33%</b>
<b>2021</b>	<b>182573,95</b>	<b>0,33%</b>
<b>2022</b>	<b>183174,9</b>	<b>0,32%</b>
<b>2023</b>	<b>183775,85</b>	<b>0,32%</b>
<b>2024</b>	<b>184376,8</b>	<b>0,32%</b>
<b>2025</b>	<b>184978</b>	<b>0,32%</b>
<b>2026</b>	<b>185578,7</b>	<b>0,32%</b>

Tabla 19: Demanda del TPA

A partir de los datos representados, se puede estimar una tasa de crecimiento promedio de la demanda de ácido tereftálico de 0,37%



Gráfica 12: Demanda insatisfecha

### *Producción Óptima*

Es necesario considerar el comportamiento futuro de la cantidad demandada para optimizar la decisión; el tamaño óptimo de un proyecto depende, entre otras cosas, de las economías de escala que se encuentren presentes.

En el caso que se considera, se tiene en cuenta la importancia de la demanda creciente. Debe optarse por tomar un tamaño inicial lo suficientemente grande como para que puede responder a futuro al crecimiento del mercado, o planificar la ampliación progresiva del proyecto. En el primer caso se está optando por mantener capacidad ociosa de producción, mientras que, en el segundo, por dejar de percibir beneficios que ocasionaría la opción de satisfacer a toda la demanda.

Para llegar a determinar la capacidad óptima de producción, se utiliza un método aproximado que puede tenerse en cuenta a la hora de analizar los factores a tener en cuenta. Se deben conocer o estimar previamente los siguientes parámetros:

D0: magnitud de la demanda actual que satisface el proyecto (en 2016: 179800 t/año)

r: tasa de crecimiento de la demanda que satisface el proyecto (0,0037)

N: vida útil de la maquinaria y equipos (se considera por convención de 10 años, lo que coincide con los años analizaos en el presente proyecto)

$\alpha$ : factor de escala.

El factor de escala se obtiene de una lista generada por la Organización de las Naciones Unidas, Boletín N°20, calculada para las industrias químicas, petroquímicas y automovilísticas.

Para el caso de estudio, se considera un factor  $\alpha$  de 0,6.

Lo primero que se debe calcular en función del método descrito, es el valor “n”, que se refiere al período óptimo al que corresponde el tamaño a determinar del proyecto y para ello se emplea la ecuación siguiente:

$$\frac{1}{R^n} = 1 - 2 \cdot \left[ \frac{1 - \alpha}{\alpha} \right] \cdot \left[ \frac{R - 1}{R + 1} \right]^{N-n}$$

#### *Cálculo de Capacidad*

Donde R es el desarrollo porcentual de la demanda, que se calcula en función de la tasa de crecimiento promedio estimada de la demanda, r:

$$R = (1 + r)$$

R toma un valor de 1,0037. Por lo tanto, n es igual a 9,4 años.

Una vez calculado el período óptimo de duración del proyecto se determinará  $D_n$ , el tamaño óptimo aconsejable.

$$D_n = D_o \cdot (1 + r)^n$$

Variable	Valores
$\alpha$	0,6
<b>N</b>	10 años
<b>r</b>	0,0037
<b>R</b>	1,0037
<b>n</b>	9,4
<b>Do (t/año)</b>	179800
<b>Dn (t/año)</b>	186151,51

Tabla 20: Datos del proyecto

El valor obtenido de  $D_n$  es 186151,51 tn/año. Esto señala que el tamaño óptimo en función de las expectativas de crecimiento del mercado nacional, debe programarse para satisfacer una demanda de 186151,51 tn/año de TPA.

Se adopta, entonces, una capacidad de la planta a instalar de 198000 toneladas anuales.

Para el proceso de producción, se considera que la planta opera durante las 24 horas del día durante 350 días del año, quedando el resto de los días dispuestos a tareas de mantenimiento.

A continuación, se enuncian las cantidades producidas de TPA.

- Producción anual: 198000 t/año

- Producción diaria: 566 t/día



- Producción horaria: 24 t/hora

Si bien la capacidad instalada de la planta está proyectada para cubrir la demanda en un futuro de 10 años, al iniciar la producción la cantidad demandada es menor, por lo tanto, es necesario definir un plan productivo, tomando como criterio un 5% de colchón de producción.

Plan de producción				
Período	Demanda insatisfecha (t)	Producción anual (t)	Producción diaria (t)	Utilización de la capacidad
<b>2017</b>	<b>180170,15</b>	189178,66	540,51045	95%
<b>2018</b>	<b>180771,1</b>	189809,66	542,3133	95%
<b>2019</b>	<b>181372,05</b>	190440,65	544,11615	96%
<b>2020</b>	<b>181973</b>	191071,65	545,919	96%
<b>2021</b>	<b>182573,95</b>	191702,65	547,72185	96%
<b>2022</b>	<b>183174,9</b>	192333,65	549,5247	97%
<b>2023</b>	<b>183775,85</b>	192964,64	551,32755	97%
<b>2024</b>	<b>184376,8</b>	193595,64	553,1304	97%
<b>2025</b>	<b>184978</b>	194226,9	554,934	98%
<b>2026</b>	185578,7	194857,64	556,7361	99%
<b>Dn (t/año)</b>		198000		
<b>Colchón de capacidad</b>		5%		

Tabla 21: Plan de Producción por año

Aplicando el método se obtiene dicho tamaño, aconsejable, que permitiría mantener al mínimo los costos totales durante la vida útil estimada. Cabe destacar que este procedimiento sólo considera la restricción del mercado sin tener en cuenta otros factores limitantes que se analizan a continuación.

#### 4.1.2 Materias Primas

La capacidad elegida debe ser respaldada por el conocimiento de que se puede contar con el abasto de insumos y materias primas que sean suficientes para poder desarrollar el proceso. Para esto es necesario conocer los proveedores y los alcances de cada uno de ellos.

En el caso de la producción de ácido tereftálico se requiere de la importación de ciertos productos, como lo son el p-xileno, ácido acético, ácido bromhídrico y el catalizador de hidrogenación.

Se las consideran que no son limitantes de la producción. En el caso del catalizador, es un producto más difícil de conseguir, se importa y tiene un precio elevado; pero su regeneración en el proceso y reutilización, no lo hace inaccesible y en cantidades relativamente bajas puede obtenerse de los proveedores también anteriormente descriptos.

Los gases principales que se utilizan son oxígeno e hidrógeno, de los cuales, el primero se obtiene del aire y el segundo se necesita en cantidades relativamente bajas, por lo tanto, las empresas proveedoras del mismo aseguran el abastecimiento. Además, se prevé que si por posibles modificaciones en la producción, como aumentos por alzas de consumo, el abastecimiento quedaría cubierto y asegurado también.

En función de lo expresado anteriormente se puede generar una producción de 198000 t/a de ácido tereftálico, capacidad adoptada para el nuevo proyecto.

Debido a la disponibilidad de las materias primas, insumos, mano de obra y espacio se adoptará la capacidad calculada anteriormente y se diseñaran los equipos en función de ella. Se desea cubrir la totalidad de la demanda insatisfecha ya que si se tiene la posibilidad de

trabajar cubriendo el 100% sin limitaciones se beneficia no solo a la empresa sino también a muchos trabajadores y empresas del País, ya que el aumento en la producción implica mayor demanda de mano de obra, de materia prima y mayor oferta de producto terminado.

Esto permitirá a muchas empresas tomar la decisión de dejar de lado la importación con todo lo que ello implica y disponer del producto en su mismo país y en sus cercanías, dando un gran beneficio al País, respecto al objetivo de sustituir importaciones.

#### 4.1.3 Tecnología y Equipos

Para decidir el tamaño de la planta de producción de ácido tereftálico purificado es necesario conocer las relaciones que propiciarán un menor costo de inversión por unidad de capacidad instalada y un mayor rendimiento por persona ocupada, es decir, la tecnología y los equipos pueden limitar el tamaño mínimo del proyecto, para producir eficientemente.

Comparando la producción del ácido de diferentes plantas del mundo, se puede decir que las grandes industrias productoras se encuentran en México, Reino Unido y Asia.

Los valores de capacidad de dichas plantas rondan entre los 7500 mil t/año (la más grande del mundo, en China).

En el caso de Sudamérica, existen varias plantas en México y Brasil, donde los rangos de capacidad varían entre 600 mil y 1 millón t/año. En el caso de nuestro país, como ya se dijo anteriormente, se importa en su totalidad. Vale aclarar que la tecnología utilizada en cada una de las producciones nombradas anteriormente es la misma, el proceso AMOCO y por este motivo, se estima que la tecnología a utilizar para la producción seleccionada, existe en el mundo, y se adaptaría al sector del sur de nuestro continente.

## **Capítulo V**

### **5 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA**

## 5.1 Introducción

En este capítulo se determina la localización de la planta industrial de ácido tereftálico teniendo en cuenta factores determinantes que afectan a la rentabilidad del proyecto.

Este aspecto del análisis es de suma importancia para encontrar la ubicación más conveniente analizando criterios que tienen que ver con aspectos económicos, como cercanía al mercado consumidor, abastecimiento de materias primas, aspectos humanos y sociales, entre otros.

Se tiene como objetivo principal la disminución de los costos de producción al mínimo posible. La industria del ácido tereftálico es caracterizada de forma general como una industria secundaria, por lo cual requiere de una zona industrial desarrollada, debido a la complejidad de sus procesos productivos y a la necesidad de instalaciones que permitan la disponibilidad de materia prima y materiales, como así también la distribución del producto terminado.

A continuación, se realiza en primer lugar un procedimiento de cribado para acotar el número de regiones posibles de localización de la planta. Posteriormente se realiza un estudio intensivo sobre la zona seleccionada, en el cual se analizan y evalúan comparativamente las posibles localizaciones para determinar la mejor y así cumplir con los objetivos del proyecto. Este último paso se realiza a través de un método de puntuaciones ponderadas.

## 5.2 Determinación de la zona geográfica

En una preselección de la localización se valoraron las zonas con petroquímica en Argentina. Estas se encuentran distribuidas principalmente en cuatro provincias, entre ellas están, Buenos Aires, Santa Fe, Mendoza y Neuquén. En las mismas están radicadas varias empresas petroquímicas que se pueden observar en la tabla siguiente.

Provincia	Área	Empresa
Buenos Aires	Campana-San Nicolás	Atanor S.C.A.
		Bunge Argentina S.A
		Carbot Argentina S.A.I.C.
		Carbochlor S.A.
		Carboquímica del Paraná S.A.
		DAK Américas Argentina S.A.
		Petrobras Argentina S.A.
	Gran Buenos Aires	Atanor S.C.A.
		Induspol aislaciones S.R.L.
		Invista Argentina S.A. Petroquímica Argentina S.A.
	Ensenada	MAFISSA
		Petroken S.A.
		YPF S.A.
	Polo Bahía Blanca	PBBPolisur S.A.
PROFERTIL S.A.		
SOLVAY INDUPA S.A.		
Santa Fe	San Lorenzo-Pto. San Martín-GRAL. LAGOS	AKZO NOBEL ARGENTINA S.A
		ALTO PARANÁ S.A.
		BASF ARG. S.A.
		DOW QUIMICA ARGENTINA S.A.
		Petrobras Argentina S.A.
		Varteco Química Puntana S.A.
Neuquén	Plaza Huinca	YPF S.A.
Mendoza	Luján de Cuyo	Petroquímica Cuyo S.A.I.C.
		YPF S.A.

(IPA, s.f.)

Ilustración 27: Empresas petroquímicas

Primeramente, se tiene en cuenta la cercanía con refinerías y puertos debido al costo del transporte de la materia prima, p-xileno. La producción de este aromático se encuentra pausada en estos momentos en el país y por ende el mismo debe ser importado. Así mismo existe una planta de producción de p-xileno que se encuentra en desuso y por ende puede tomarse también como punto de partida para que en un futuro la misma reactive y así no tener que importar.

Por lo expresado anteriormente, Argentina no cubre la demanda de la planta durante los primeros años de producción y por este motivo se eliminaron los polos petroquímicos de Neuquén y Mendoza.

Se valora cada una de las áreas restantes teniendo en cuenta:

- Infraestructura disponible
- Energía
- Transporte (Zona de despacho, carreteras, trenes)
- Agua, desagüe, tratamiento de afluentes y efluentes
- Disponibilidad zonal de mano de obra
- Disponibilidad de materias primas y materiales.

#### 5.2.1 Disponibilidad de parques industriales y servicios

Debido a la necesidad de tener cercanía con los puertos para la obtención de la materia prima, nos concentramos en los parques industriales de Santa Fe y Buenos Aires.

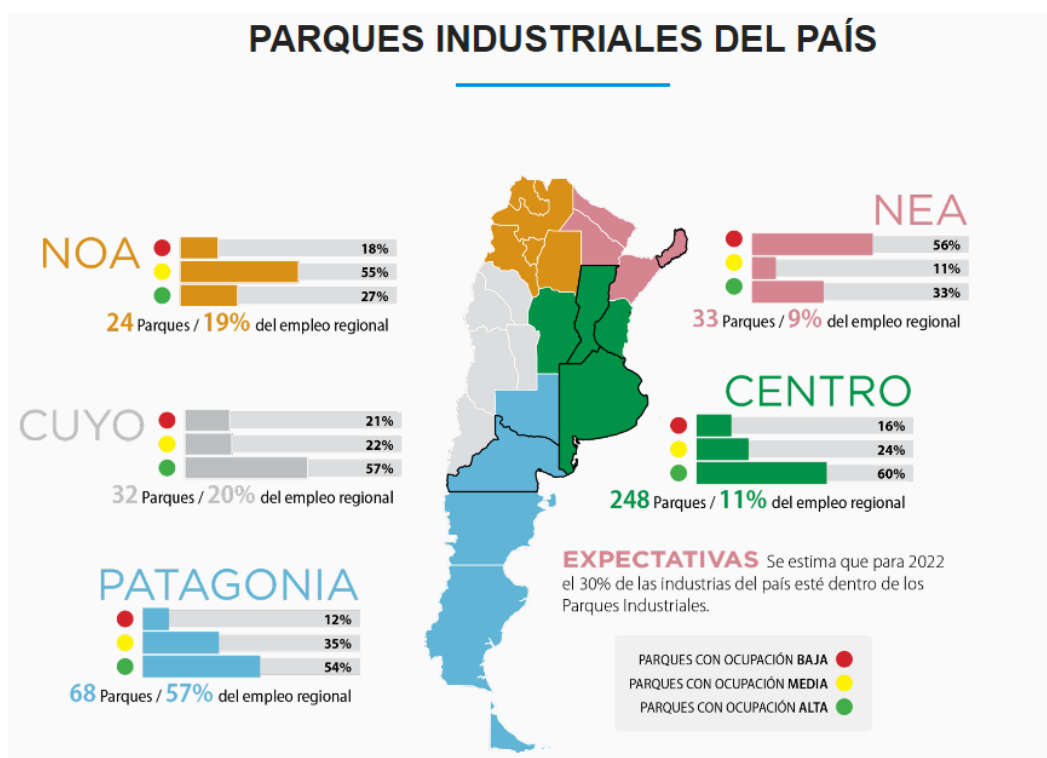
Estos establecimientos son un importante centro de atracción de inversiones en virtud de las ventajas que brindan a las empresas allí establecidas.

En el caso de la industria del ácido tereftálico, como ya se nombró, está clasificada como industria secundaria, por lo que generalmente requiere de las ventajas que provee este tipo de emplazamientos.

Algunas de ellas son:

- Brinda una dotación básica de infraestructura y facilita la implementación o extensión de redes de servicios públicos.
- Posibilita una interconectividad productiva entre empresas, lo que permite mayor capacidad de innovación, absorción y difusión de nuevas tecnologías.

- Genera economías de escala lo que facilita la creación y acceso a centros de servicios comunes y atención empresarial y desarrollo de mercados intermedios de producción y servicios.
- Favorece el acceso a las políticas públicas de estímulo a la industria, por ser un ámbito propicio para la difusión de las mismas.
- Mejora las condiciones de seguridad debido a que posee un único acceso vial y peatonal, además de tener protección perimetral y vigilancia permanente.
- Permiten mayor control y protección del medio ambiente, al mismo tiempo que facilita a las empresas la adecuación a las normativas vigentes.
- Fomentan el asentamiento de los emprendimientos productivos.



(Parques Industriales, 2020)

Ilustración 28: Parques industriales del País



Todas estas características le confieren al asentamiento en un parque industrial una ponderación mayor. Estos lugares están entendidos como lugares específicamente delimitados y diseñados para la radicación de establecimientos fabriles con infraestructura, equipamiento y servicios para el mejor desarrollo de sus actividades; de esta forma impactan positivamente en la mejora de la competitividad de las empresas, en función de los incentivos y beneficios que promueve, algunos derivados de la infraestructura y la localización común y otros ligados específicamente a decisiones de política pública, tal es el caso de los incentivos fiscales.

Los servicios generales provistos por los establecimientos de la provincia de Santa Fe y Buenos Aires generalmente son: abastecimiento de energía eléctrica, de agua con diversos tipos de tratamiento en función del uso que se le quiera dar, ya sea para consumo, para calderas, enfriamiento, entre otros; servicio de vigilancia, portería, tratamiento de aguas servidas, entre otros.

Los parques industriales en las provincias seleccionadas disponibles para el asentamiento son los siguientes:

- Campana, San Nicolás
- Gran Buenos Aires
- Ensenada
- Polo Bahía Blanca
- San Lorenzo

### 5.2.2 Disponibilidad de Mano de Obra

Es conocido que el recurso humano es el bien máspreciado de cualquier empresa. Por lo tanto, es de gran importancia que en el lugar donde se radique la empresa se cuente con la capacidad de captar personal.

Además, es influyente la calidad de vida que consiga el mismo en dicha localización y a sus alrededores. Una buena gestión de recursos humanos es indispensable para el logro de los objetivos. Argentina posee una muy baja densidad de población (14,4 habitantes/km<sup>2</sup>), dado su enorme extensión territorial y su relativamente baja población. El país tiene altas tasas de esperanza de vida (75 años) y de alfabetización (98,1%), y cuenta con un 85.7% de personas menores de 60 años.

A nivel provincial y de nuestro interés, la Ciudad de Buenos Aires, con 14.450,8 hab/km<sup>2</sup>, es la jurisdicción más densamente poblada y la Provincia de Buenos Aires (50,8 hab/km<sup>2</sup>), le sigue en orden de importancia.

### 5.2.3 Disponibilidad de Transporte

En Argentina existen rutas que conectan a lo largo del país todas las regiones. La red de carreteras se divide en carreteras troncales, con una longitud de 38.000 km, secundarias cuya extensión es de 192.000 km y terciarias que totalizan 400.000 km, prácticamente todas las ciudades argentinas están unidas al resto por carreteras pavimentadas, lo que es importante tanto para transporte de pasajeros como para cargas.

La red ferroviaria argentina, con 34.059 km de vías fue, en su momento, una de las más grandes del mundo y sigue siendo la más extensa de Latinoamérica. Posee conexiones internacionales con Paraguay, Bolivia, Chile, Brasil y Uruguay. La mayor densidad de vías para el transporte se localiza en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. En dichas regiones la frecuencia y capacidad de transporte es mayor al resto del país.

La disponibilidad de transporte para cargas es un factor importante a la hora de decidir la ubicación de la planta debido a que es muy influyente para la distribución del producto terminado, ya que el mercado consumidor se encuentra localizado a lo largo de todo el territorio nacional.

#### 5.2.4 Micro localización

Quedando como zona más propicia la provincia de Buenos Aires, la misma cuenta con la mayor densidad poblacional del país, y elevada comunión de rutas nacionales, provinciales y caminos para el transporte de cargas y pasajeros. Posee el número más alto de parques y sectores industriales con beneficios para la radicación de fábricas.

Respecto al factor más importante y excluyente, la materia prima, no sólo cuenta con puertos, sino que es la única provincia en la que se encuentra, aún cerrada, la fábrica de p-xileno y los productores de gases industriales que suministran hidrógeno de elevada pureza, donde el abastecimiento se logra a través de gaseoductos.

La Provincia de Buenos Aires es la macro zona elegida por el análisis de cribado, como la apta para la ubicación del proyecto en donde los parques industriales se distribuyen en tres zonas diferentes, Zona Norte, Zona Sur y Zona Oeste. En la figura siguiente se encuentra un esquema de la distribución de los parques en las tres zonas geográficas.



Ilustración 29: Distribución geográfica de los parques industriales

### 5.3 Método de las Puntuaciones Ponderadas

En función de lo antes analizado, los parques industriales de interés son:

- Parque Industrial Campana – San Nicolás. Bs. As.
- Ensenada – Bs. As.
- Polo Bahía Blanca – Pilar. Bs. As.

Los factores a tener en cuenta para realizar la ponderación son:

- Distancia a un puerto

La cercanía a un puerto facilita la accesibilidad a las materias primas de forma sencilla y económica, de ahí la importancia como factor de ponderación. El Parque Industrial Campana se encuentra a tan sólo 5km del puerto correspondiente a la ciudad de Campana. El consorcio Industrial Ensenada está ubicado a 20km del puerto de Ensenada y el de Polo Bahía Blanca se encuentra a 10km de su puerto.

- Cercanía a un centro Urbano

Los Parques Industriales de Ensenada, Campana y Bahía Blanca se encuentran los tres a aproximadamente 5km de sus respectivos centros urbanos.

- Mano de Obra

La disponibilidad de mano de obra se puede relacionar como una función directa de la densidad poblacional que cada uno de los centros urbanos cercanos a los Parques posee. La ciudad de Ensenada posee 56.729 habitantes, lo que hace una densidad de población de 561,7/km<sup>2</sup>. Bahía Blanca tiene 299.101 habitantes con una densidad 134,21 hab/km<sup>2</sup> y finalmente, Campana posee 94.461 habitantes. Campana es una ciudad de características eminentemente industriales, sede de variadas e importantes industrias, en varios casos líderes mundiales en sus respectivos rubros.

- Impuestos

En la provincia de Buenos Aires existe lo que se denomina régimen de promoción Industrial avalado por la Ley N° 13.656, la cual tiene entre otros objetivos atraer inversiones productivas y, en consecuencia, promover el desarrollo industrial de la provincia. Gozan de dichos beneficios los agrupamientos privados, mixtos o estatales. Los beneficios impositivos están orientados a estimular las nuevas inversiones productivas, el aumento de capacidad y la modernización de las empresas. Las empresas beneficiadas (Distingue a los beneficiarios entre quienes construyan una planta nueva, amplíen o incorporen un nuevo proceso productivo) podrán gozar de una exención total de hasta diez (10) años según el Plan de Desarrollo Industrial de los Impuestos: Inmobiliario, sobre los Ingresos Brutos, Sellos, Automotores, sobre los consumos energéticos, y otros servicios públicos.

Pueden adherir al Régimen de Promoción Industrial, las personas físicas residentes en el territorio argentino, las personas jurídicas constituidas en él o que se hallen habilitadas e inscriptas para actuar dentro de la provincia de Buenos Aires, cuyo propósito este orientado fundamentalmente al desarrollo de sus actividades productivas. En general, los Agrupamientos Industriales dispondrán de los beneficios por un período máximo de hasta seis (6) años. Los Agrupamientos Industriales se tipifican en las siguientes categorías, conforme se establece en el Capítulo I del Título III de la Ley N° 13.744:

- a) Parque Industrial;
- b) Sector Industrial Planificado;
- c) Área de Servicios Industriales y Logística;
- d) Incubadoras de Empresas;
- e) Unidades Modulares Productivas.

- Servicios

Parque Industrial Campana: Red de Pavimentos, Circulación facilitada para camiones por el radio de giro disponible, Desagües Pluviales, Desagües Industriales, Cordón cuneta, Sumideros, Gas natural, Red de Energía, Recurso Hídrico Subterráneo, Forestación (Espacios verdes), Internet y Teléfonos.

Centro Industrial Ensenada: media tensión, agua, cloacas, gas natural, cordón cuneta, circulación facilitada para camiones con radio de giro disponible, seguridad privada, planta de tratamiento, pavimentación, red de energía, espacios verdes, internet, acceso directo desde autopista, telecomunicaciones.

Parque Industrial Bahía Blanca: Cloacas, Relleno, nivelación y compactación de calles, cordón cuneta, acceso a energía eléctrica 10kV, agua, telefonía + internet.

A continuación, se muestran los factores antes mencionados, afectados cada uno por respectivas ponderaciones y puntajes para cada Parque Industrial a analizar. El 10 es la perfección con relación al factor considerado. Aquel terreno que logre el mayor puntaje, indica que es el más adecuado, por lo tanto, el seleccionado.

<b>Parque Industrial</b>				
<b>Factores</b>		Campana	Ensenada	Bahía Blanca
<b>Materia Prima</b>	Fuente de la MP	5	7	5
	Disponibilidad	8	9	8
<b>Mercado</b>	Cercanía con la demanda	8	6	6
	Costo de transporte	8	8	7

<b>Control Ambiental</b>	Legislación	8	8	6
	Afluentes	7	8	8
<b>Energía Eléctrica y combustible</b>	Fuentes de Energía	9	9	7
	Costo de Energía	9	9	7
<b>Agua</b>	Costo del Suministro	9	9	8
<b>Desarrollo del lugar y disponibilidad del terreno</b>	Disposición de espacio	8	9	8
	Costo del suelo	8	8	7
<b>Condiciones Climáticas</b>	Temperatura	9	9	7
<b>Medio de Transporte</b>	Hacia el mercado	8	8	7
<b>Aspectos Legales</b>	Impuestos	8	8	9
	Incentivos	8	7	7
<b>Mano de Obra</b>	Disponibilidad	10	10	8
	Calidad	7	8	9
	Costo	7	8	9
	<b>Total</b>	144	148	133

Tabla 22: Ponderación de Factores

Luego de realizar el análisis en función del método de las ponderaciones, se concluye que el mejor resultado y la mejor ubicación posible para la instalación de la planta, la cual disminuirá los costos de este y beneficiará la producción, es el Centro Industrial Ensenada – Provincia de Buenos Aires.

#### 5.4 Centro Industrial Ensenada

Ubicado en el Camino Rivadavia, con acceso directo desde AU1, exactamente frente a la Refinería de YPF y a solo 15 kilómetros de Ensenada y la Zona Franca, el centro industrial Ensenada ofrece parcelas con media tensión, agua, cloacas, gas natural y una calle de acceso principal de 20m de ancho con una cinta de 7,2m de hormigón H30 para el acceso de camiones de gran porte, como así también, seguridad privada con cámaras de vigilancia las 24h y puesto de control en acceso principal entre otros servicios.

Posee un predio de 65ha, parcelas de 2000 m<sup>2</sup> en adelante para una Categoría Industrial I y II.

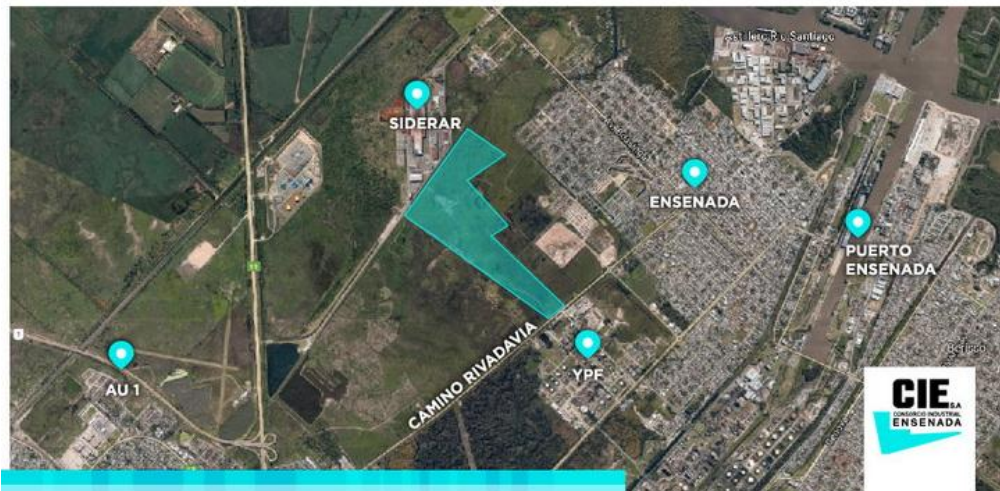


Ilustración 30: Lugar geográfico de Centro Industrial La Ensenada



Teniendo en cuenta que el área requerida para una planta de producción de 500000 t/año es de 16ha, ubicada en Montreal, Quebec, Canadá, cuyo propietario es la compañía española de petróleo CEPSA, para nuestra planta de 198000 t/año un área de 5 ha sería suficiente.

Las parcelas disponibles en el Centro Industrial son las siguientes:

PLANO DE PARCELAS

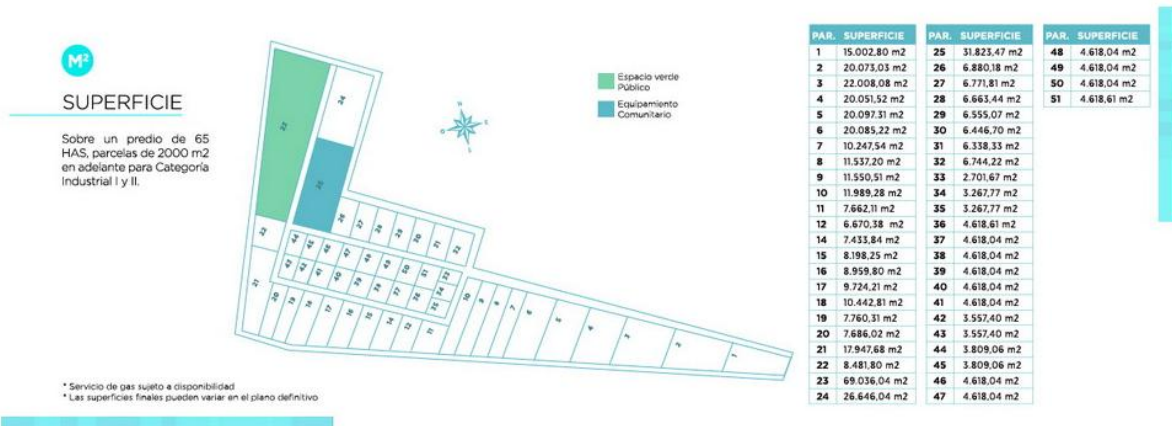


Ilustración 31: Loteo en Centro Industrial La Ensenada

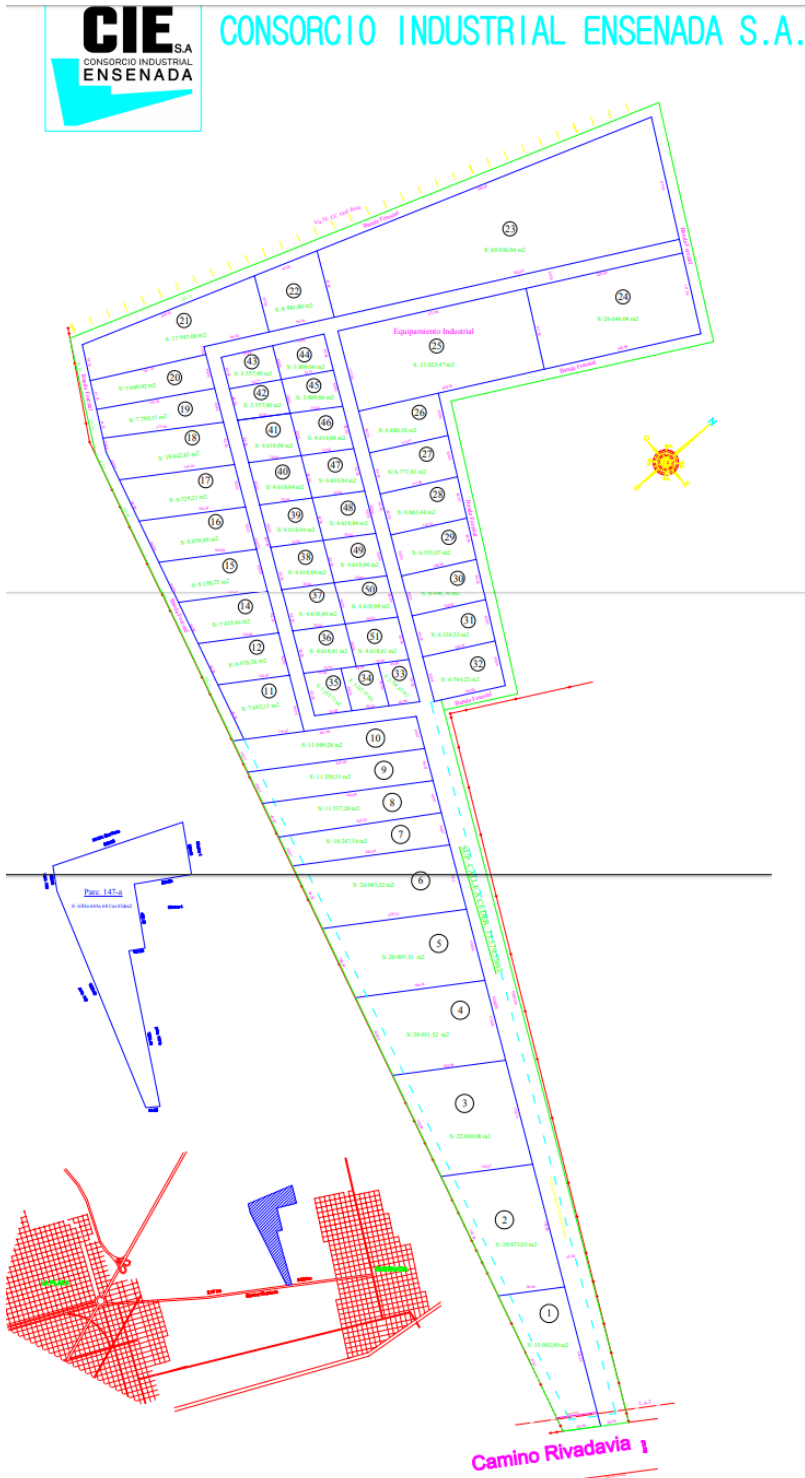


Ilustración 32: Loteo de la superficie disponible

Evaluando la disposición de las parcelas y observando las que se encuentran frente al parque de YPF, las elegidas para nuestra industria son las parcelas del 1-3 sumando un total de 57083,08 m<sup>2</sup> a 52 U\$\$/m<sup>2</sup>, suficientes tanto para colocar nuestra industria como así también con el espacio necesario para una futura ampliación y para la construcción de una zona de tratamientos de efluentes y afluentes producidos y demandados por la planta.

La localización determinada nos permite generar nuevos puestos de trabajo de mano de obra directa e indirecta, como así también insertando un producto estratégico hoy importado para el crecimiento regional y nacional. Integrando verticalmente el negocio de petróleo y gas con el de productos petroquímicos finales, y horizontalmente con productos derivados como son las fibras sintéticas, adhesivos, aislantes y botellas de plástico.

## **Capítulo VI**

### **6 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

## 6.1 Procesos

Para llevar a cabo la producción del ácido tereftálico existen varios procesos que pueden utilizarse. Actualmente se utiliza un proceso de oxidación catalítica homogénea directa, que consta de la oxidación en fase líquida de p-xileno en un disolvente con aire en presencia de un catalizador de metal en transición, dicho proceso es el dominante a nivel industrial para la fabricación del ácido. Hay variaciones de este proceso dependiendo de la operación, condiciones y catalizadores utilizados. (Fadzil, 2014)

Para seleccionar uno de ellos es necesario utilizar criterios de comparación para elegir la mejor opción, como herramienta se emplea una tabla de Toma de decisiones la cual se basa en:

Estos criterios son:

- Potencial Económico
- Rombos de seguridad NFPA
- Condiciones de operación (presión y temperatura)
- Conversión
- Rendimiento
- Selectividad
- Uso de catalizadores

Primeramente, se seleccionaron los procesos alternativos para la elaboración del ácido más utilizados en el mundo, los mismos son:

- Eastman
- Henkel II
- PRP
- Amoco

A continuación, se procedió a realizar una breve descripción de los procesos. Dentro de las mismas se buscó el costo de las sustancias que actuarán como materias primas para cada proceso, luego se calculó el grado de riesgo de acuerdo con los rombos de seguridad de la NFPA de cada sustancia y por último se tuvo en cuenta las condiciones de operación para cada proceso seleccionado. Además, se investigó la selectividad, la conversión y el rendimiento de cada uno, así como también si requería catalizadores.

## 6.2 Breve descripción de los procesos

### 6.2.1 Proceso Eatsman

Este proceso ha demostrado ser adecuado para la producción de todo tipo de fibras y botellas de PET sin limitaciones en las especificaciones de calidad internacional de primer grado. Como se muestra en la Ilustración 33, el p-xileno es el material de alimentación con aire como agente oxidante y ácido acético como disolvente. La reacción es catalizada por  $\text{Co} + 2$ ,  $\text{Mn} + 2$  y bromuro. (Universidad del Cairo, 2010)

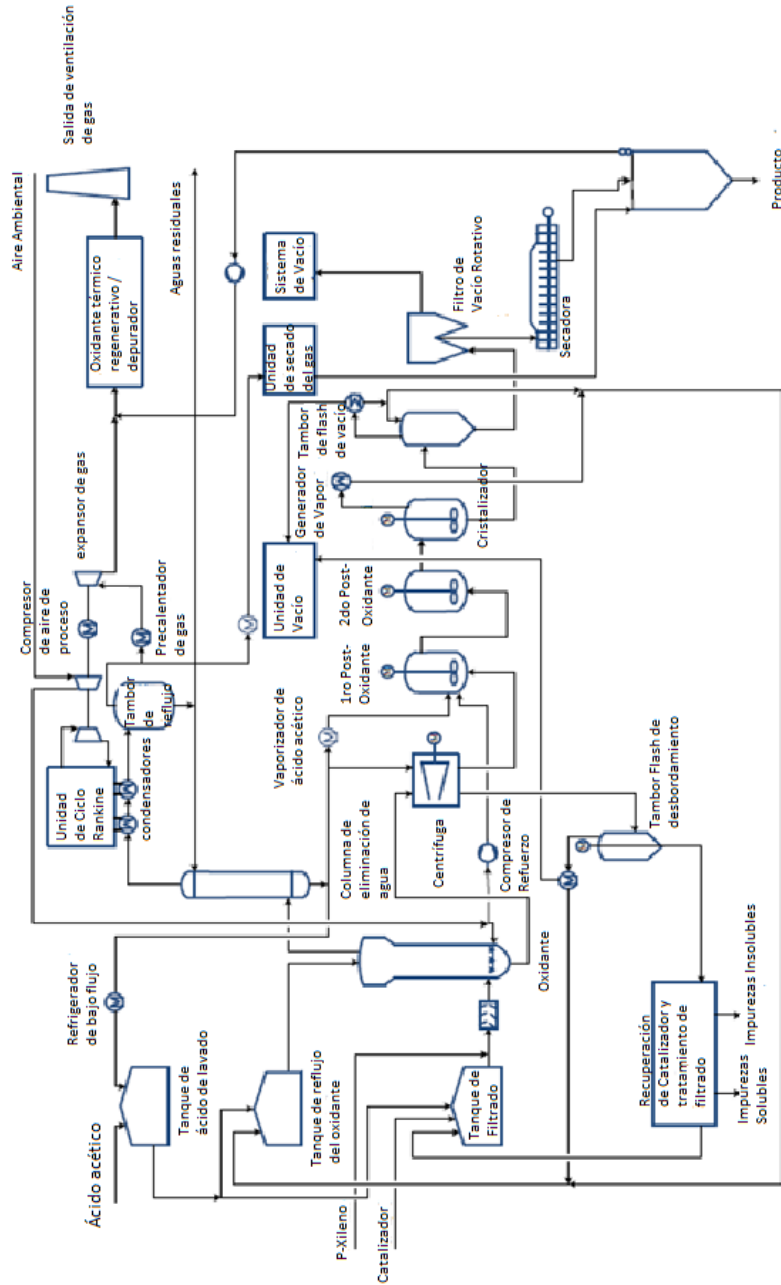


Ilustración 33: Diagrama de Flujo del Proceso de producción Eastman

La relación en peso de disolvente a hidrocarburo en el reactor de oxidación está en el intervalo de 3 – 5 y el catalizador es usualmente 0,1-0,2% en peso del disolvente utilizado. La temperatura y la presión dentro del reactor están en el rango de 185 - 204 ° C y 1200 - 1750 kPa.

En cuanto a la reacción, la conversión máxima excede el 95% y el tiempo de residencia es de menos de 1 hora para completar la conversión logrando un rendimiento de aproximadamente 98.3%.

El tanque de ácido de lavado sirve como depósito de ácido acético que suministra deficiencia de ácido en la corriente de alimentación al tanque de reflujo oxidante y al tanque de filtrado. El tanque de filtrado recoge la solución de catalizador preparada, los bromuros de hidrógeno, así como el filtrado del tratamiento de filtrado y el filtrado se usa para controlar las concentraciones de ácido y catalizador. Todos estos y p-xileno se alimentan juntos en el oxidante que es un reactor de columna de burbujas. La corriente de ácido débil del tanque de reflujo oxidante se pulveriza en la parte superior del oxidante para evitar la formación de sólidos.

Se usa una centrífuga para eliminar las impurezas del ácido tereftálico crudo (CTA) mediante el disolvente pobre que se obtiene en el fondo de la columna de eliminación de agua. Este disolvente pobre consiste en una mezcla del vapor de cabeza del oxidante (agua, ácido acético y nitrógeno) y disolvente. Solo las impurezas solubles en este solvente pueden eliminarse del CTA.

Luego, CTA se purifica para obtener EPTA (ácido tereftálico purificado Eastman) en una etapa posterior a la oxidación realizada en dos oxidantes. Este proceso requiere aumentar la temperatura para aumentar la conversión de la oxidación de impurezas CTA. TPA (ácido tereftálico purificado) con menor contenido de impurezas se obtiene de esta oxidación y finalmente, el TPA se dirige al cristalizador donde se convierte a EPTA.



A continuación, el EPTA se separa en un tambor de evaporación al vacío y el disolvente se recupera en el tanque de reflujo oxidante y luego se dirige a un filtro de vacío rotativo y por último a un secador para obtener el producto final.

La salida de la centrífuga pasa al tambor de desbordamiento y luego a la unidad de recuperación de catalizador y tratamiento de filtrado donde se separa para obtener impurezas solubles, impurezas insolubles y el residuo de CTA. Tanto las impurezas insolubles como los residuos de CTA se queman en el lecho fluidizado o se entierran en un vertedero y el catalizador se recupera en un tanque de filtrado.

La corriente superior de la columna de eliminación de agua ingresa a los condensadores. Luego, el gas de ventilación se separa del agua residual en el tambor de reflujo WRC y luego se dirige al oxidante / depurador térmico de regeneración. El agua residual recibida se dirige a la estación de tratamiento de agua. (Universidad del Cairo, 2010)

### 6.2.2 Proceso Henkel II

La producción de TPA de calidad de polímero usando la reacción de desproporción de la sal de benzoato de potasio se conoce como proceso Henkel II o Raecke. El proceso utiliza tolueno como materia prima para ser oxidado y ácido sulfúrico para la neutralización de la sal de potasio. También produce benceno y sulfato de potasio como subproductos.

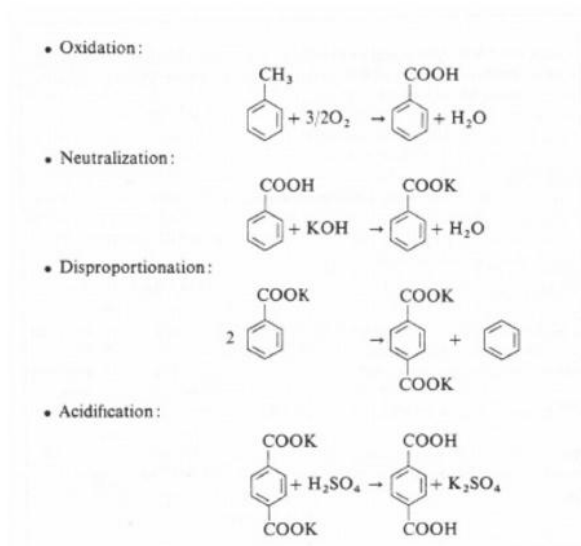


Ilustración 34: Proceso Henkel II para la producción del Ácido Tereftálico

(Tejada, 2011)

Desarrollado en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial, este proceso fue utilizado en Japón por Mitsubishi en una planta de 25000 t/año que dejó de operar en 1976.

El tolueno se oxida a ácido benzoico en fase líquida sobre un catalizador de acetato de cobalto. La reacción ocurre a aproximadamente 165 ° C y 1000 kPa con un rendimiento del 90%. Luego, el efluente del reactor de ácido benzoico y tolueno se separa y el tolueno se recicla mientras que los gases de ventilación se refrigeran y pasan sobre un lecho de adsorción de carbón activado para eliminar los componentes orgánicos volátiles.

El ácido benzoico reacciona con KOH para producir benzoato de potasio y el benzoato de potasio se separa por centrifugación. El benzoato de potasio reacciona en una reacción de fase sólida desproporcionada. Para esta reacción se usa una autoclave agitado o un reactor de lecho fluidizado bajo las condiciones de 430 - 440°C, atmósfera de CO<sub>2</sub> y presión de 50 bares usando catalizador de benzoato de Cd o Zn. La reacción da benceno y tereftalato de dipotasio con una selectividad del 95%.

El benceno se separa del CO<sub>2</sub> por condensación y el CO<sub>2</sub> se calienta y recicla. Se agrega carbón de adsorción a la solución acuosa de sal de tereftalato de dipotasio para eliminar el color y luego se filtra el carbón. La solución se introduce en un tanque de muelles para reaccionar con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y dar TPA, que se separa por centrifugación y se cristaliza como un TPA puro y sulfato de dipotasio.

La alimentación más barata de tolueno que el p-xileno utilizado en otras rutas de producción de PTA y la coproducción de benceno son todas ventajas para esta ruta, sin embargo, este proceso no se comercializa ampliamente ya que presenta algunos inconvenientes como el uso de ácido sulfúrico (problemas de corrosión), velocidad lenta de desproporción de fase sólida, grandes cantidades de producto de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que puede no tener importancia comercial en muchos países. (Meyers, 2005)

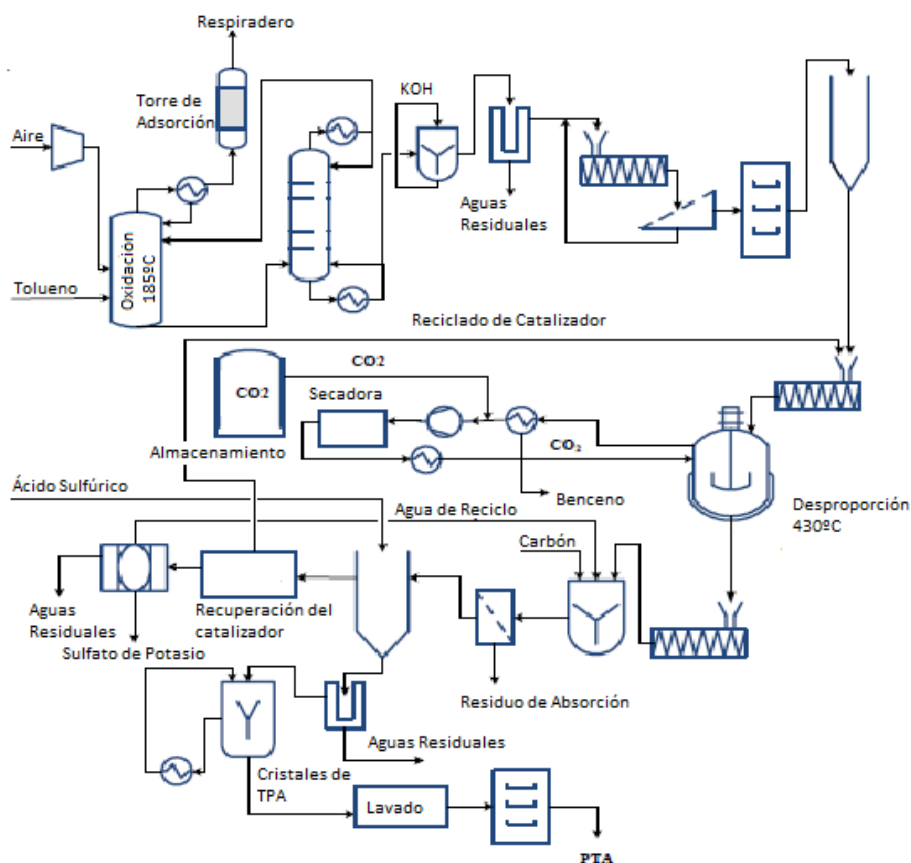


Ilustración 35: Diagrama de Flujo del Proceso de producción Henkel II

### 6.2.3 Proceso Phillips/Rhone- Poulenc process (PRP)

Los inconvenientes del proceso de Henkel II condujeron a la modificación realizada por Phillips Petroleum / Rhone-poulenc (Francia) que se basa en el intercambio de iones de potasio entre la sal de tereftalato y el ácido benzoico (Metathesing). El nuevo proceso adapta el reciclado completo de iones de potasio, lo que significa que no hay producción de sulfato de dipotasio y también utiliza la alimentación de tolueno para purificar el producto de TPA. Las nuevas modificaciones mejoran la viabilidad técnica del proceso. La Ilustración 36, muestra los principales pasos del proceso:

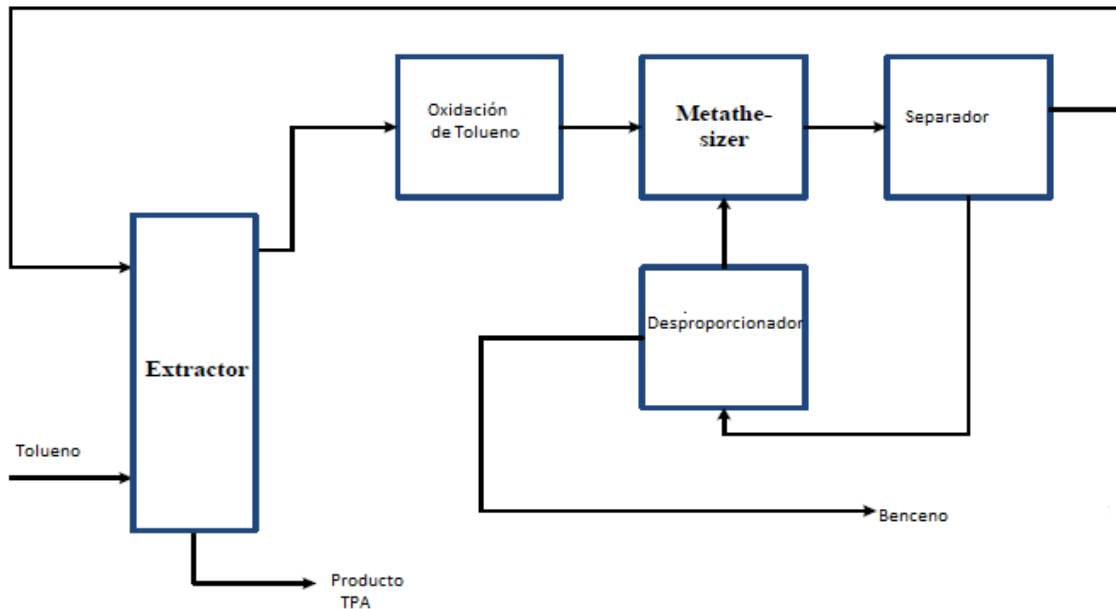


Ilustración 36: Pasos del proceso PRP

En la reacción de desproporción (400-480 °C y 50 atm), el benzoato de potasio se suspende en un medio de mezcla de terfenilo usando catalizador de ZnO con relación de catalizador a reactivo de 1:10 a 1: 25 en peso y el tiempo de residencia es de 3 horas.

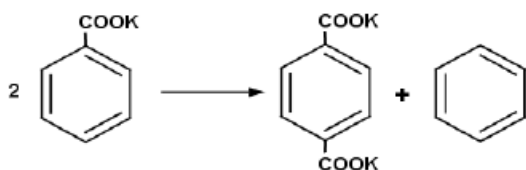


Ilustración 37: Reacción en el desproporcionador

La reacción se realiza en atmósfera de  $\text{CO}_2$  y el gas producido contiene vapor de benceno con  $\text{CO}_2$  que se separa y se recicla, mientras que el benceno se envía como subproducto. El sólido producido se disuelve en agua con una relación de 3: 1 de agua a sólido y el residuo de catalizador se filtra. La metatesificación se realiza mediante una relación molar de 1: 1 de ácido benzoico a sal de di potasio a una temperatura de  $130^\circ\text{C}$  y 2 horas de tiempo de residencia. Los cristales de TPA precipitan en el medio y se envían al separador para filtrarse como una torta y el benzoato de di potasio con ácido benzoico pasa como un filtrado. (Cines, 1971)

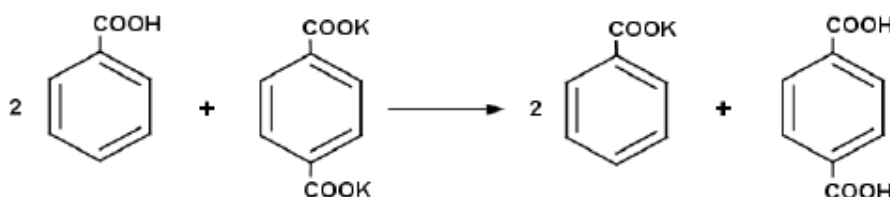


Ilustración 38: Reacción de metatesificación

#### 6.2.4 Proceso Amoco

El TPA purificado comenzó a comercializarse por Amoco Chemical Co. en 1965. El proceso Amoco implica la purificación de TPA crudo mediante un paso separado para alcanzar la alta pureza del producto requerida para la fabricación de PET. Esta tecnología es la más utilizada en todo el mundo, pero se han desarrollado otros procesos que funcionan comercialmente.

Como se muestra en la Ilustración 39, la alimentación pasa al reactor de oxidación en el que se produce la reacción. La mayoría de TPA precipita, debido a su baja solubilidad en el solvente, lo cual produce un sistema de tres fases: cristales de TPA sólido, disolvente con

algo de TPA disuelto y vapor que consiste en nitrógeno, ácido acético, agua y una pequeña cantidad de oxígeno. Los vapores de cabeza del reactor se condensan en intercambiadores de calor, y el condensado se lleva a reflujo al reactor. Vapor, que se genera por condensación, se utiliza como fuente de calefacción en otras partes del proceso. El gas empobrecido en oxígeno de los condensadores se limpia para eliminar la mayoría de los vapores no condensados. (Kirk-Othmer, 2001). El reactor de oxidación funciona a 175 - 225 °C y 1500 - 3000 kPa, en el tiempo de residencia es de 30 minutos a 3 horas, dependiendo las condiciones. El reactor está forrado de titanio para resistir el bromo y el ácido acético altamente corrosivos y la presión del reactor de hidrogenación se mantiene por encima de la presión de vapor de agua para mantener una fase líquida. El catalizador utilizado en el reactor de oxidación es el metal pesado multivalente. En su mayoría, el cobalto y el manganeso son los catalizadores de metales pesados multivalentes y el bromo es la fuente renovable de los radicales libres. Un sistema catalítico soluble de cobalto, manganeso y bromo es el corazón del proceso, esto produce una oxidación casi cuantitativa de los grupos p-xileno metilo con pequeñas pérdidas de xileno. Se pueden usar diversas sales de cobalto y manganeso, y la fuente de bromo puede ser HBr, NaBr o tetra bromo etano. Este sistema de catalizador se utiliza en aproximadamente el 70% de los procesos de oxidación de p-xileno, y este porcentaje aumenta a medida que las nuevas plantas lo emplean.

La corriente de efluente del reactor contiene TPA como suspensión. Esta suspensión pasa a través de un recipiente de compensación que opera a una presión más baja que el reactor. Más TPA cristalizado y la suspensión enfriada están listos para ser procesados cerca de las condiciones atmosféricas. La suspensión se alimenta a una unidad de centrifugación en la que se elimina la mayor parte del agua del producto. Después de la centrifugación, una corriente se alimenta a la unidad de recuperación y la otra al secador rotatorio. El aire precalentado se envía al secador para eliminar la humedad presente en el producto final. Los cristales de TPA se obtienen del secador en un 99% de pureza, luego se transportan al almacenamiento, desde donde se alimentan a su vez a la etapa de purificación.

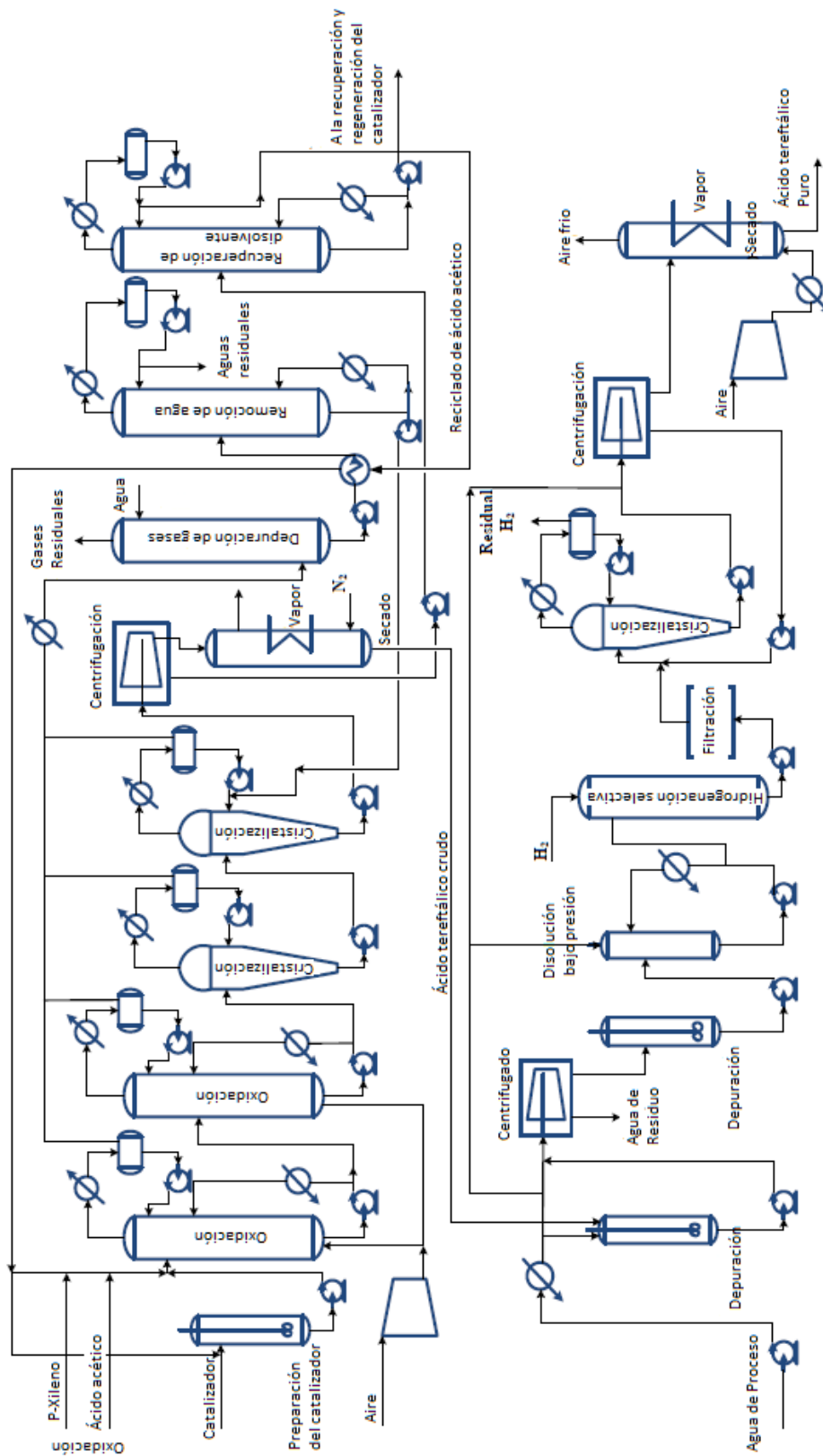


Ilustración 39: Diagrama de Flujo del Proceso Amoco

Se forma agua y algunos subproductos indeseables que se deben eliminar del disolvente de ácido acético. El licor madre de la centrífuga se purifica en una torre de recuperación de disolvente para purificar el ácido acético. El ácido acético purificado de la parte superior de la torre se recicla al reactor y se combina con ácido acético nuevo y el producto del fondo se puede procesar para la recuperación y regeneración del catalizador. Los respiraderos del proceso de oxidación se envían a una torre de depuración de gases y luego a una torre de eliminación de agua para eliminar el agua formada como la corriente superior que se envía al tratamiento de aguas residuales.

El proceso de Amoco implica una unidad de purificación para lograr la pureza requerida antes de ingresar al paso de polimerización. La impureza principal en el TPA crudo es 4 ácido formilbenzoico (hasta 5000 ppm). También hay impurezas amarillas y cantidades residuales de metales de catalizador y bromo.

Los cristales de APT se disuelven en agua de proceso caliente para aumentar su solubilidad. La suspensión formada contiene al menos 15% en peso de TPA y el resto son impurezas accesibles a la reacción de purificación. La solución fluye a través de un reactor de hidrogenación. Se agrega hidrógeno al reactor, donde se disuelve en la solución de alimentación. En el reactor, el ácido 4-formilbenzoico se hidrogena, en presencia de paladio soportado sobre carbón como catalizador, a ácido p-toluico reduciendo su composición a menos de 25 ppm. Diversas impurezas coloreadas se hidrogenan a productos incoloros. El catalizador es altamente selectivo; la pérdida de TPA por reducción de ácido carboxílico o hidrogenación de anillo es menor que 1%.

Después de la reacción, la solución pasa a una serie de cristalizadores donde la presión se reduce secuencialmente. Esto da como resultado la reducción de la temperatura y la cristalización del APT. El ácido p-toluico más soluble formado en el reactor y otras impurezas permanecen en el licor madre. Después de dejar el cristalizador final, la suspensión se somete a centrifugación para producir una torta húmeda, y la torta se seca para dar el producto TPA como un polvo que fluye libremente.



TPA es el producto principal. Más del 98% del p-xileno se convierte con un rendimiento mínimo de 95% en moles. Además, esto se hace de una vez, el TPA del proceso de oxidación se denomina grado técnico o crudo del ácido ftálico, pero la pureza suele ser superior al 99%. Sin embargo, no es lo suficientemente puro para que la producción de PET alcance el grado requerido de polimerización. En la unidad de purificación, más del 98% en peso del TPA entrante se recupera como producto purificado. El TPA purificado como un polvo blanco se llama TPA de grado polimérico que es adecuado para usarse en la producción de PET. (Ullmann, 2007)

### 6.3 Evaluación de los procesos

La evaluación se realiza en base a la comparación de todas las tecnologías comercializadas, ya que muestra no solo la química de la industria, sino también la estructura del diagrama de flujo y la secuencia de producción. Esto permite comparar las diferentes tecnologías basadas en factores económicos y técnicos.

La comparación se basa en una combinación de factores cuantitativos y cualitativos. Las condiciones locales, las tendencias globales y las direcciones del mercado se tienen en cuenta al evaluar cada factor. La elección de los factores y sus ponderaciones se basan en función de la información recopilada.

Hay tecnologías que son obsoletas por lo que no han sido involucradas en la evaluación.

La elección de los factores de evaluación se realizó en base a los principios de ingeniería química, economía y seguridad. El costo total de producción (TPC) de cada tecnología se usa como una medida de su viabilidad.


Las cantidades de materias primas requeridas, la composición del solvente y otros materiales utilizados se calculan, se suponen u obtienen de la literatura.

Los factores y sus detalles son:


- Costo total de producción, incluida la relación de ganancias y servicios (vapor, agua de refrigeración, combustible y electricidad) que se tabularan para cada tecnología competidora como parte esencial del costo operativo.
- Tipos de materias primas, cantidades y disponibilidad en el mercado local como productos químicos a granel.
- Costo fijo o la inversión de los equipos, está representada tanto en tipo como en número de reactores, separadores e intercambiadores de calor además de la necesidad de materiales especiales debido a problemas de corrosión.
- Consideraciones de seguridad y restricciones que representan por las condiciones de reacción.
- Los tipos y la cantidad de desechos (sólidos, líquidos o gaseosos) como medidas del impacto ambiental. (Chemsystems)

### 6.3.1 Materias Primas


Henkel II

- Tolueno
  - Hidróxido de Potasio
  - Dióxido de Carbono
  - Benzoato de Zn o Cd, catalizador.
  - Ácido Sulfúrico
- 
- Ácido Tereftálico + Benceno


#### Amoco

- P- xileno
  - Ácido Acético
  - Co/Mn/Br, Catalizador
- 
- Ácido Tereftálico

#### Eastman

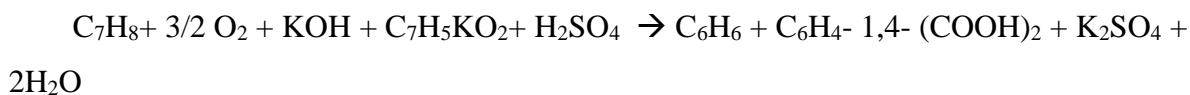
- P- xileno
  - Ácido Acético
  - Co/Mn, catalizador
- 
- Ácido Tereftálico

#### PRP

- Tolueno
  - Hidróxido de Potasio
  - Ácido Benzoico
  - ZnO, catalizador
- 
- Ácido Tereftálico + Benceno  
+ Benzoato de Potasio

### 6.3.2 Ruta general de los procesos

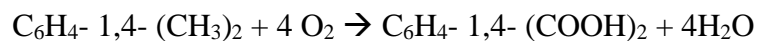
#### *Henkel II*



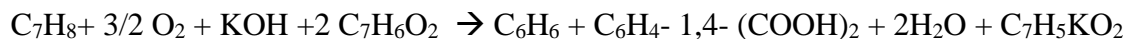
#### *Amoco*



#### *Eastman*



**PRP**



6.3.3 Descripción de los materiales para producir ácido tereftálico

**Proceso HENKEL II**







Compuesto	Tolueno	Hidróxido de Potasio	Ácido Sulfúrico	Sulfato de Potasio	Benceno	Benzoato de Potasio
Fórmula	C7H8	KOH	H2SO4	K2S04	C6H6	C7H5KO2
PM	92.1	56	98.079	174	78	160
Precio	3.35 USD\$/lb	49.41 USD\$/kg	71 USD\$/ton	4.1 USD\$/lb	3.95 USD\$/gal	129 USD\$/kg
Rombo NFPA						

Ilustración 40: Características de las sustancias involucradas en el proceso Henkel II

**Proceso AMOCO**

Compuesto	p-Xileno	Ácido Acético	Cobalto	Manganeso	Bromo
Fórmula	C8H10	CH3COOH	Co	Mn	Br2
PM	106.16	60.05	58.93	54.94	159.808






<b>Precio</b>	<b>0.48</b>	<b>60.11</b>	<b>15.17</b>	<b>1.75</b>	<b>309.41</b>
	<b>USD\$/lb</b>	<b>USD\$/L</b>	<b>USD\$/lb</b>	<b>USD\$/kg</b>	<b>USD\$/kg</b>
<b>Rombo NFPA</b>					

Ilustración 41: Características de las sustancias involucradas en el proceso Amoco

Precios: (ICIS, 2016) (Sigma Aldrich, 2016)

### Proceso Eatsman





Compuesto	p-Xileno	Ácido Acético	Cobalto	Manganeso
<b>Fórmula</b>	<b>C8H10</b>	<b>CH3COOH</b>	<b>Co</b>	<b>Mn</b>
<b>PM</b>	<b>106.16</b>	<b>60.05</b>	<b>58.93</b>	<b>54.94</b>
<b>Precio</b>	<b>0.48</b>	<b>60.11</b>	<b>15.17</b>	<b>1.75</b>
	<b>USD\$/lb</b>	<b>USD\$/L</b>	<b>USD\$/lb</b>	<b>USD\$/kg</b>
<b>Rombo NFPA</b>				

Ilustración 42: Características de las sustancias involucradas en el proceso Eastman

Precios: (ICIS, 2016) (Sigma Aldrich, 2016)

### Proceso PRP






Compuesto	Tolueno	Hidróxido de Potasio	Ácido Benzoico	Benceno	Benzoato de Potasio
Fórmula	C7H8	KOH	C7H6O2	C6H6	C7H5KO2
PM	92.1	56	122.1	78	160
Precio	3.35 USD\$/lb	49.41 USD\$/kg	4 USD\$/L	3.95 USD\$/gal	129 USD\$/kg
Rombo NFPA					

Ilustración 43: Características de las sustancias involucradas en el proceso PRP

#### 6.3.4 Características de las tecnologías

Factores Principales	Detalles	Datos	Notas
Materias Primas	Cantidades por tonelada de TPA	P-xileno (0.68 t)	
		Ácido Acético (0.06 t)	
		Hidrógeno (6.24m <sup>3</sup> )	
	Número de reactores y sus tipos	3	un reactor de hidrogenación y dos reactores de oxidación

Costo fijo (equipo y problemas de corrosión)	Número de separadores y sus tipos	14	tres cristalizadores, cuatro centrífugas y filtros, dos destiladores, tres depuradores y dos separadores
	Número de intercambiadores de calor	2	
	Material de construcción para enfrentar la corrosión si es que hay corrosión	Revestimiento de titanio en la oxidación	
Relación de Ganancia	Relación de Ganancia	0.1434	Referencia en el detalle del cálculo
Servicios Auxiliares (por tonelada de producto)	Cantidad de consumo de vapor	2 t	
	Cantidad de consumo de agua de refrigeración	220 m <sup>3</sup>	
	Consumo de energía	Moderado	
	Consumo de agua de proceso	0,2 m <sup>3</sup>	
Condiciones de Reacción	Presión	1500-3000 kPa	
	Temperatura	175-225 °C	
	Fase de Reacción	Líquida	
Medio Ambiente	Emisiones de Gas (VOC, CO)	28,8kg/t TA	
	Agua residual		
	¿Hay alguna fábrica nueva que utilice esta tecnología?	Si	

Knowhow (conocimientos )	<b>¿hay algún problema con los países que dan licencia?</b>	No	
	<b>Número de plantas que utilizan esta tecnología en el mundo</b>	La mayoría de ellas la usan	
	<b>¿Hay alguna fábrica cerca de Argentina o dentro de ella que utilice esta tecnología?</b>	Si	

Tabla 23: Características de la tecnología Amoco

Factores Principales	Detalles	Datos	Notas
Materias Primas	<b>Cantidades por tonelada de TPA</b>	<b>P- xileno (0.646 t)</b>	
		<b>Ácido acético (0.036 t)</b>	
	<b>Número de reactores y sus tipos</b>	3	<b>Columna de burbujas oxidante, dos posts oxidación</b>
Costo fijo (equipo y problemas de corrosión)	<b>Número de separadores y sus tipos</b>	6	<b>Columna de eliminación de agua, tambor de reflujo, centrífuga, tratamiento de recuperación de catalizador y filtrado, filtro flash de vacío, Filtro rotativo de vacío</b>
	<b>Número de intercambiadores de calor</b>	10	



	<b>Material de construcción para enfrentar la corrosión si es que hay corrosión</b>	<b>Revestimiento de titanio</b>	
Relación de Ganancia	<b>Relación de Ganancia</b>	<b>0.1434</b>	<b>Referencia en el detalle del cálculo</b>
Servicios Auxiliares (por tonelada de producto)	<b>Cantidad de consumo de vapor</b>	<b>0.355 ton (vapor a alta presión)</b>	
	<b>Cantidad de consumo de agua de refrigeración</b>	<b>251 t</b>	
	<b>Consumo de energía</b>	<b>elevado</b>	
	<b>Consumo de agua de proceso</b>		
Condiciones de Reacción	<b>Presión</b>	<b>17.5 bar</b>	
	<b>Temperatura</b>	<b>204 °C</b>	
	<b>Fase de Reacción</b>	<b>Líquido-Reacción en fase gaseosa</b>	
Medio Ambiente	<b>Emisiones de Gas (VOC, CO)</b>	<b>menos que el Amoco</b>	
	<b>Agua residual</b>		
Know-how (conocimientos)	<b>¿Hay alguna fábrica nueva que utilice esta tecnología?</b>	<b>Si</b>	
	<b>¿Hay algún problema con los países que dan licencia?</b>	<b>No</b>	

	Número de plantas que utilizan esta tecnología en el mundo	menos que el Amoco	
	¿Hay alguna fábrica cerca de Argentina o dentro de ella que utilice esta tecnología?	No	

Tabla 24: Características de la Tecnología Eastman

Factores Principales	Detalles	Datos	Notas
Materias Primas	Cantidades por tonelada de TPA	Tolueno (1.35 t)	
		Hidróxido de potasio (0.82 t)	
		Ácido Sulfúrico (0.6 ton)	
	Número de reactores y sus tipos	2	Oxidación en fase líquida, autoclave fluidizado o agitado
Costo fijo (equipo y problemas de corrosión)	Número de separadores y sus tipos	14	una columna de destilación, una de adsorción, dos centrifugas, dos separadores condensadores, una criba, tres secadores, un cristalizador, tres filtros
	Número de intercambiadores de calor	5	
	Material de construcción para enfrentar la corrosión si es que hay corrosión	Diluir ácido sulfúrico a baja temperatura	en el tanque de resortes
Relación de Ganancia	Relación de Ganancia	-59.25	Referencia en el detalle del cálculo

Servicios Auxiliares (por tonelada de producto)	<b>Cantidad de consumo de vapor</b>	<b>15 t</b>	
	<b>Cantidad de consumo de agua de refrigeración</b>	<b>900 m<sup>3</sup></b>	
	<b>Consumo de energía</b>	<b>elevado</b>	
	<b>Consumo de agua de proceso</b>	<b>20 m<sup>3</sup></b>	
Condiciones de Reacción	<b>Presión</b>	<b>3E6 Pa</b>	
	<b>Temperatura</b>	<b>430 °C</b>	
	<b>Fase de Reacción</b>	<b>Gas-sólido heterogéneo</b>	
Medio Ambiente	<b>Emisiones de Gas (VOC, CO)</b>	<b>Gas de Ventilación de la oxigenación</b>	
	<b>Agua residual</b>		
Knowhow (conocimientos)	<b>¿Hay alguna fábrica nueva que utilice esta tecnología?</b>	<b>No</b>	
	<b>¿Hay algún problema con los países que dan licencia?</b>	<b>No</b>	
	<b>Número de plantas que utilizan esta tecnología en el mundo</b>	<b>Una</b>	
	<b>¿Hay alguna fábrica cerca de Argentina o dentro de ella que utilice esta tecnología?</b>	<b>No</b>	

Tabla 25: Características de la Tecnología Henkel II

Factores Principales	Detalles	Datos	Notas
Materias Primas	<b>Cantidades por tonelada de TPA</b>	<b>Tolueno (1.49 t)</b>	
	<b>Número de reactores y sus tipos</b>	<b>3</b>	<b>Oxidación en fase líquida, autoclave fluidizado o agitado y Metathesizer</b>
Costo fijo (equipo y problemas de corrosión)	<b>Número de separadores y sus tipos</b>	<b>13</b>	<b>una columna de destilación, una de adsorción, dos centrífuga, dos condensadores, una criba, tres secadoras, un cristizador, un filtro, un extractor</b>
	<b>Número de intercambiadores de calor</b>	<b>5</b>	
	<b>Material de construcción para enfrentar la corrosión si es que hay corrosión</b>	<b>Ácido benzoico a baja temperatura</b>	<b>en el tanque de resortes</b>
Relación de Ganancia	<b>Relación de Ganancia</b>	<b>41.15</b>	<b>Referencia en el detalle del cálculo</b>
Servicios Auxiliares (por tonelada de producto)	<b>Cantidad de consumo de vapor</b>	<b>15 t</b>	
	<b>Cantidad de consumo de agua de refrigeración</b>	<b>900 m<sup>3</sup></b>	
	<b>Consumo de energía</b>	<b>Elevado</b>	
	<b>Consumo de agua de proceso</b>	<b>20 m<sup>3</sup></b>	
	<b>Presión</b>	<b>3E6 Pa</b>	

Condiciones de Reacción	<b>Temperatura</b>	<b>430 °C</b>	
	<b>Fase de Reacción</b>	<b>Suspensión en trifenilo</b>	
Medio Ambiente	<b>Emisiones de Gas (VOC, CO)</b>	<b>Gas de Ventilación de la oxigenación</b>	
	<b>Agua residual</b>		
Knowhow (conocimientos)	<b>¿Hay alguna fábrica nueva que utilice esta tecnología?</b>	<b>No</b>	
	<b>¿Hay algún problema con los países que dan licencia?</b>	<b>No</b>	
	<b>Número de plantas que utilizan esta tecnología en el mundo</b>	<b>Planta Piloto</b>	<b>Petrolera Philips /Rhone-Poulenc (Francia)</b>
	<b>¿Hay alguna fábrica cerca de Argentina o dentro de ella que utilice esta tecnología?</b>	<b>No</b>	

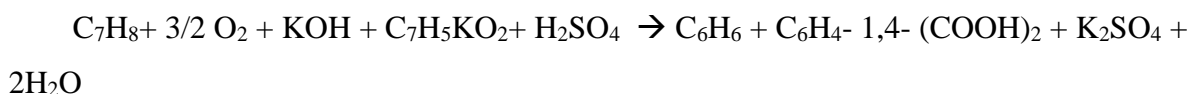
Tabla 26: Características de la tecnología PRP

### 6.3.5 Cálculo del potencial económico

La relación de ganancias PE (potencial económico) se calcula para cada tecnología al conocer el precio de las materias primas a granel, su peso molecular y su coeficiente estequiométrico correspondiente a la ecuación general del proceso. (Universidad del Cairo, 2010)

$$P.E. = \left[ \sum (\vartheta * PM * \$/lb)_{Prod} - \sum (\vartheta * PM * \$/lb)_{Reac} \right] \div PM_{Prod. Princ.}$$

#### **Henkel II**



PM	92	32	56	160	98	78	166	174	18
USD/lb	0.46		22.41	58.51	0.0355	0.54	0.42	4.1	

$$C_6H_6 = 0.54 \text{ USD/lb}$$

$$C_7H_8 = 0.46 \text{ USD/lb}$$

$$KOH = 22.41 \text{ USD/lb}$$

$$C_7H_5KO_2 = 58.51 \text{ USD/lb}$$

$$H_2SO_4 = 0.0355 \text{ USD/lb}$$

$$Prod = 1(78)(0.54) + 1(166)(0.42) + 1(174)(4.1) = 825.24$$

$$Reacc = 1(92)(0.46) + 1(56)(22.41) + 1(160)(58.51) + 1(98)(0.0355) = 10662.36$$

$$P.E. = [825.24 - 10662.36] : 166 = -59.25$$

**Amoco**



PM            106      32            166            18

USD/lb        0.48                    0.42

$$P.E. = [1(166)(0.45) - 1(106)(0.48)]: 166 = 0.1434$$

**Eastman**

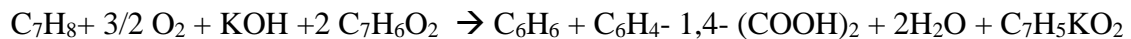


PM            106      32            166            18

USD/lb        0.48                    0.42

$$P.E. = [1(166)(0.45) - 1(106)(0.48)]: 166 = 0.1434$$

**PRP**



PM    92      32      56      122.1            78      166            18      160

USD/lb 0.46        22.41      1.428      0.54      0.42                    58.51

$$C_7H_6O_2 = 1.428 \text{ USD/lb}$$

$$\text{Prod} = 1(78)(0.54) + 1(166)(0.42) + 1(160)(58.51) = 9473.44$$

$$\text{Reacc} = 1(92)(0.46) + 1(56)(22.41) + 2(122.1)(1.428) = 1645.99$$

$$P.E. = [9473.44 - 1645.99]: 166 = 41.15$$

## 6.4 Selección del Proceso

### 6.4.1 Tabla de decisión

Tabla de Decisión - Criterios de Comparación	Alternativa	Henkel II	Amoco	Eastman	PRP
	<b>Catalizador</b>	Benzoatos de Zn o Cd	Sales de Co/Mn/Br en Ác. Acético al 95%	Sales de Co/Mn	Benzoatos de Zn o Cd y ZnO
	<b>S (Selectividad)</b>	0.95	0.9	0.9	0.97
	<b>Y (Rendimiento)</b>	0.9	> 0.95	0.98	0.9
	<b>X (Conversión)</b>	0.95-0.98	0.95	0.97	0.85
	<b>P(atm)</b>	10.	14-30	11.84-17.27	50
	<b>T(° C)</b>	430-440	190-250	185-200	400-480
	<b>NFPA</b>	27	6	6	21
	<b>Consumo de energía</b>	Elevado	Moderado	Elevado	Elevado
	<b>P.E. (\$/lb)</b>	-59,25	0.1434	0.1434	41,15



	Ventajas	Buen Rendimiento, elevada pureza	Garantiza mayores producciones	T y P bajas	Buen Rendimiento
	Desventajas	Obsoleto, elevadas temperaturas	Material costoso por corrosión	Mayor consumo de energía, material costoso por corrosión	No existe a escala industrial
	Grado	TPA grado fibra	TPA alta pureza	TPA de grado técnico	TPA grado fibra

Tabla 27: Decisión de proceso

En este caso se concluye que la mejor opción es el proceso Amoco, ya que las condiciones de operación son más seguras, se requiere menos temperatura y presión y, además, la conversión del p-xileno es del 95% y la selectividad del ácido tereftálico es del 90 %.

Otra de las razones por las cuales se considera el proceso óptimo es por el moderado consumo de energía y por la elevada pureza del producto obtenido. El proceso Amoco es a su vez adecuado para la oxidación de otros metilbencenos y metilnaftalenos a sus correspondientes ácidos carboxílicos aromáticos. Así, por ejemplo, se obtiene ácido benzoico de tolueno con 99% de conversión y 96% de selectividad, entre otros productos.

El proceso es el más popular en el mundo y las plantas que utilizan esta tecnología son las líderes en el mercado. (Klaus, 1978)

## 6.5 Descripción detallada del Proceso Amoco

### 6.5.1 Principio del Proceso

El p-xileno se oxida en solución con ácido acético con aire a aproximadamente 175 a 230 °C (200 °C), y entre 1.5 y 3.10<sup>6</sup> Pa. absolutos. El sistema del catalizador incluye el propio catalizador (acetatos de cobalto y manganeso) y un iniciador que contiene el bromo (bromuro de sodio).

La reacción global es:  $C_6H_4-1,4-(CH_3)_2 + 4 O_2 \rightarrow C_6H_4-1,4-(COOH)_2 + 4H_2O$   $\Delta H^\circ_{298} = -1360$  KJ/mol

	Fórmula	PM (g/mol)	Cp (J/mol K)	Teb (°C)	Tfus (°C)	p <sub>vap</sub> (mmHg)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	μ (cP)	Aspecto
<b>p-Xileno</b>	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	106.17	132.2 at 120 °C	138	12	9	861	0.7385 a 0 °C	Líquido Incoloro
<b>Oxígeno</b>	O <sub>2</sub>	32	29.378	-182.962	-218.79	7.5 at 61 K	1.429	0.002	Gas Incoloro
<b>Ácido Acético</b>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60.05	123	118	16	24.75	1050	122	Líquido Incoloro. Olor : Vinagre
<b>Cobalto</b>	Co	58.93	24.81	2927	1495	0.0075 at 1790 K	8900		Sólido gris metálico
<b>Manganeso</b>	Mn	54.93	26.32	2061	1246	0.0075 at 1228 K	7210		Sólido
<b>Bromo</b>	Br <sub>2</sub>	79.904	75.69	58.8	-7.2	0.0075 at 185 K	3102.8	0.95	Líquido Café
<b>Ácido Tereftálico</b>	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	166.13		se descompone	300	9.75 at 303 °C	1520		Cristales
<b>Agua</b>	H <sub>2</sub> O	18.01	37.84 at -2.2 °C	100	0	1 at 100°C	1000	1 at 20 °C	Líquido

Ilustración 44: Tabla de Propiedades- Materiales del Proceso

### 6.5.2 Fabricación industrial

La fabricación de ácido tereftálico por este proceso consiste en dos pasos:

- Oxidación de p-xileno a ácido tereftálico en bruto
- Purificación de ácido tereftálico en bruto por cristalización

#### 6.5.2.1 Oxidación de p-xileno a ácido tereftálico en bruto

En la instalación se pueden identificar diferentes secciones las cuales son:

- Oxidación:

Es la sección de reacción donde la operación tiene lugar en un reactor CSTR (reactor continuo tanque agitado) que se alimenta en forma descendente con una mezcla de p-xileno, ácido acético y solución de catalizador preparada en un dispositivo separado. El medio de reacción es agitado por la introducción de aire en el fondo, el cual es añadido en cantidades mayores a las estequiométricas para minimizar la formación de subproductos. La acción corrosiva del bromo y los ácidos orgánicos en las instalaciones de acero al carbón hace necesario el uso de aceros inoxidable especiales (hastelloy C o revestimiento de titanio), tanto para el reactor y ciertas partes del equipo, en particular, el sistema de recuperación de calor.

El calor de reacción es eliminado por la vaporización de parte del medio reaccionante (ácido acético, p-xileno y agua), y por condensación y reflujo al reactor. El tiempo de residencia es de aproximadamente una hora y el rendimiento es de hasta 95 % molar.

La mayoría de TPA precipita, debido a su baja solubilidad en el solvente, lo cual produce un sistema de tres fases: cristales de TPA sólido, disolvente con algo de TPA disuelto y vapor que consiste en nitrógeno, ácido acético, agua y una pequeña cantidad de oxígeno. Los vapores de cabeza del reactor se condensan en intercambiadores de calor, y el condensado se lleva a reflujo al reactor.

La reacción que ocurre es la siguiente:

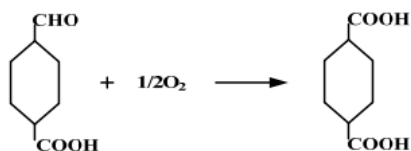
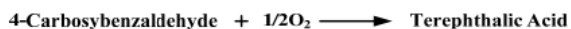
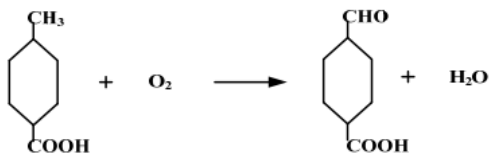
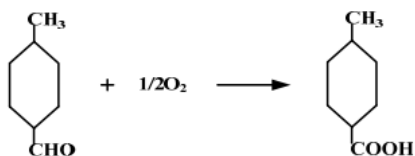
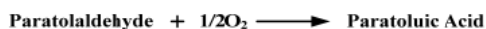
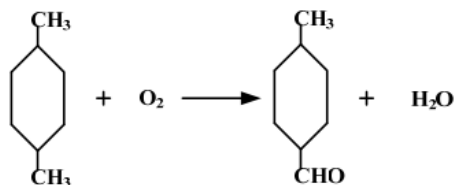


Ilustración 45: Reacción de oxidación

- **Cristalización:**

Es parte de la sección de recuperación de ácido tereftálico en donde el efluente del reactor se envía a un primer cristizador operando alrededor de 180 °C y entre 0.5 y 0.7 10<sup>6</sup> Pa absolutos en el cual el enfriamiento se proporciona por la vaporización parcial del ácido acético, p-xileno sin oxidar y el agua formada. Se enfría aún más en un segundo cristizador operando a la presión atmosférica, alrededor de 110 °C, también con vaporización parcial del medio.

- Separación y secado:

Es otra de las partes de la sección de recuperación y en ella la suspensión obtenida de los cristalizadores se centrifuga eliminando la mayor parte del agua del producto. Después de la centrifugación, una corriente se alimenta a la unidad de recuperación y la otra al secador rotatorio. El aire precalentado se envía al secador para eliminar la humedad presente en el producto final. Los cristales de TPA se obtienen del secador en un 99% de pureza y luego se transportan al almacenamiento, desde donde se alimentan a su vez a la etapa de purificación.

- Recuperación del disolvente

El licor madre de la centrífuga se purifica en una torre de recuperación (20 platos) de disolvente para purificar el ácido acético. El ácido acético purificado de la parte superior de la torre se recicla al reactor y se combina con ácido acético nuevo y el producto del fondo se puede procesar para la recuperación y regeneración del catalizador.

- Recuperación del catalizador
- Depuración de gases

Los respiraderos del proceso de oxidación se envían a una torre de depuración de gases y luego a una torre de eliminación de agua para eliminar el agua formada como la corriente superior que se envía al tratamiento de aguas residuales. (Chauvel & Lefebvre, 1985) (Paranjpe & Mathur, 1987) (Singh)

#### *6.5.2.2 Purificación de ácido tereftálico en bruto por Cristalización*

El proceso de Amoco implica una sección de purificación para lograr la pureza requerida. Las impurezas principales que contiene el TPA crudo son ácidos aromáticos que son el resultado de la oxidación de p-xileno y de otros aromáticos en la alimentación, pero sobre todo contiene 4- carboxybenzaldehido (hasta 5000 ppm) el cuál es el responsable de la coloración de los polímeros obtenidos del ácido tereftálico. Dicha impureza no debe exceder

las 50 ppm y puede reducirse por hidrogenación catalítica. También hay impurezas amarillas y cantidades residuales de metales de catalizador y bromo.

- Preparación de la alimentación: Los cristales de TPA se disuelven en agua de proceso caliente a para aumentar su solubilidad. La suspensión formada contiene al menos 15% en peso de TPA y el resto son impurezas accesibles a la reacción de purificación. El tanque de disolución opera a 250 °C y a  $10^6$  Pa. Absolutos.
- Hidrogenación: La solución fluye a través de un reactor de hidrogenación operando a las mismas condiciones que el tanque de disolución en donde el ácido 4-formilbenzoico se hidrogena, en presencia de paladio soportado sobre carbón como catalizador, a ácido p-toluico reduciendo su composición a menos de 25 ppm. Diversas impurezas coloreadas se hidrogenan a productos incoloros. El catalizador es altamente selectivo; la pérdida de TPA por reducción de ácido carboxílico o hidrogenación de anillo es menor que 1%.
- Cristalización: Después de la reacción, la solución pasa a una serie de cristalizadores donde la presión se reduce secuencialmente. Esto da como resultado la reducción de la temperatura y la cristalización del APT. El ácido p-toluico más soluble formado en el reactor y otras impurezas permanecen en el licor madre.
- Centrifugación y secado: Después de dejar el cristalizador final, la suspensión se somete a centrifugación para producir una torta húmeda, y la torta se seca para dar el producto TPA como un polvo que fluye libremente.

TPA es el producto principal. Más del 98% del p-xileno se convierte con un rendimiento mínimo de 95% en moles. Además, esto se hace de una vez, el TPA del proceso de oxidación se denomina grado técnico o crudo del ácido ftálico, pero la pureza suele ser superior al 99%. Sin embargo, no es lo suficientemente puro para que la producción de PET alcance el grado requerido de polimerización. En la unidad de purificación, más del 98% en peso del TPA

entrante se recupera como producto purificado. El TPA purificado como un polvo blanco se llama TPA de grado polimérico que es adecuado para usarse en la producción de PET. (Ullmann, 2007)

Otro parámetro importante que afecta la pureza final del producto, y los consumos de energía involucrados para cumplir con las especificaciones es el diámetro de partícula del ácido tereftálico crudo, normalmente aproximadamente de 150 micras. La influencia de las impurezas que son el resultado de la humedad de los cristales por el licor madre es mayor cuando el diámetro de la partícula es menor. (Ichikawa & Takeuchi, 1972)

## **Capítulo VII**

### **7 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA**



## 7.1 Introducción

En este capítulo se presentan los balances de masa y energía del proceso de producción de TPA. El mismo se divide en tres etapas principales: oxidación, purificación y recuperación de disolvente y catalizador.

## 7.2 Balance de masa

Para realizar los balances de masas se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- El sistema de producción es continuo de acuerdo a la producción horaria definida.
- Se contemplan posibles pérdidas en los cálculos realizados.
- No hay acumulación de materia en cada operación, régimen estacionario.
- Cada etapa conlleva un rendimiento reportado en la bibliografía para procesos iguales o similares y en otros casos calculados por simulación en CHEMCAD.
- Todas aquellas etapas que separan corrientes poseen un rendimiento del 100% p/p.

### 7.2.1 Esquema de proceso

#### Etapa de oxidación

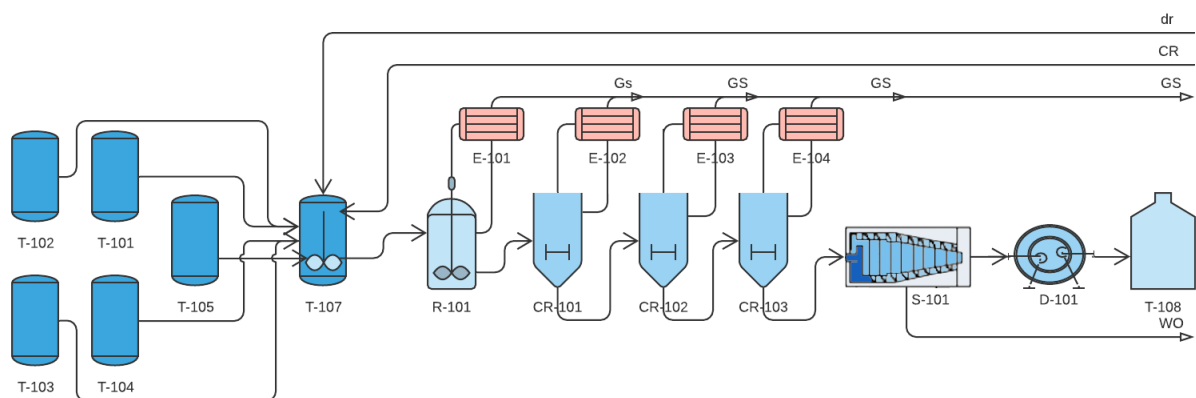


Ilustración 46: Diagrama Etapa de Oxidación

### Etapa de Purificación

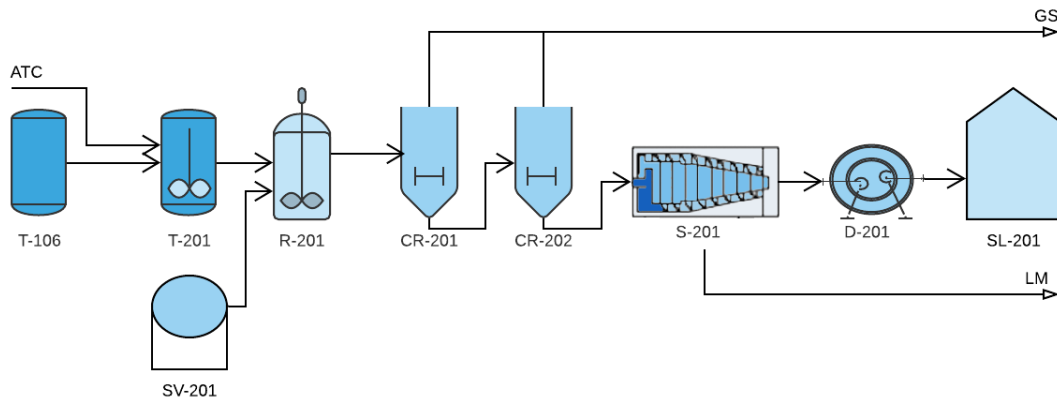


Ilustración 47: Diagrama de Etapa de purificación

### Etapa de Recuperación de disolvente y catalizador

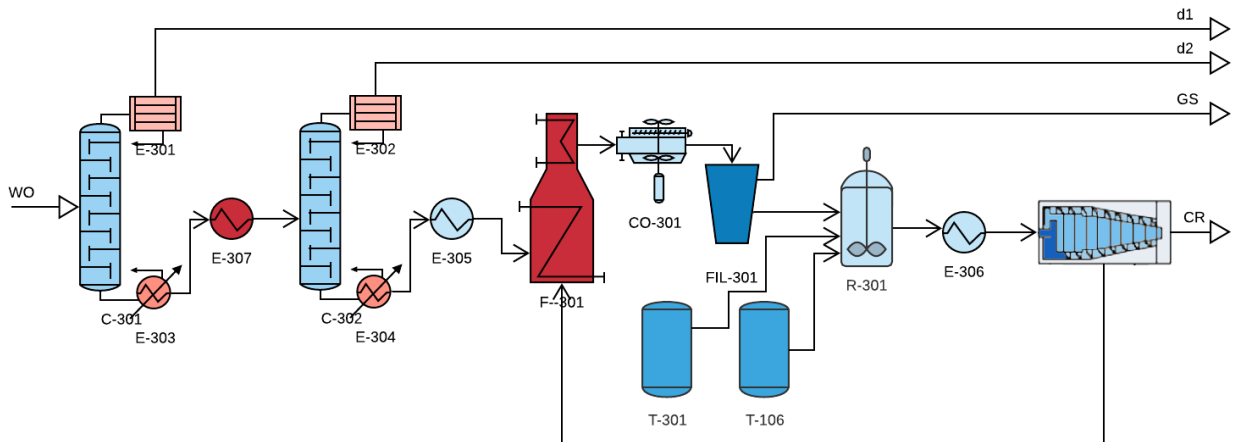


Ilustración 48: Diagrama Etapa de purificación

### ***CORRIENTES***

<b>A</b>	<i>Aire de Secado</i>
<b>A2</b>	<i>Aire</i>
<b>Ac</b>	<i>Diluyente Fresco</i>
<b>AcG</b>	<i>Ácido Acético Glacial</i>
<b>Aco</b>	<i>Acetato de Cobalto</i>
<b>AE</b>	<i>Aire de enfriamiento</i>
<b>AES</b>	<i>Aire de enfriamiento</i>
<b>AH</b>	<i>Aire Húmedo</i>
<b>AH2</b>	<i>Aire Húmedo</i>
<b>AMn</b>	<i>Acetato de Manganeso</i>
<b>ARr</b>	<i>Arena de Pirolisis</i>
<b>ATC</b>	<i>Ácido Tereftálico Crudo</i>
<b>ATP</b>	<i>Ácido Tereftálico purificado</i>
<b>ATP2</b>	<i>Ácido Tereftálico purificado</i>
<b>ATPF</b>	<i>Ácido tereftálico purificado filtrado</i>
<b>B</b>	<i>Promotor de Catalizador</i>
<b>CR</b>	<i>Catalizador Recuperado</i>

<b>CT</b>	<i>Cristales del Producto</i>
<b>d1</b>	<i>Destilado columna 1</i>
<b>d2</b>	<i>Destilado columna 2</i>
<b>dr</b>	<i>Diluyente Recirculado</i>
<b>E</b>	<i>Efluente del Reactor</i>
<b>EL</b>	<i>Efluente Líquido</i>
<b>F1</b>	<i>Líquido madre y cristales</i>
<b>F2</b>	<i>Líquido madre y cristales</i>
<b>F</b>	<i>Líquido madre y cristales</i>
<b>GL</b>	<i>Gases Limpios</i>
<b>GS</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>GS1</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>GS2</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>GS3</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>GS4</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>GS5</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>GS6</b>	<i>Gases de Salida</i>
<b>H</b>	<i>Hidrógeno</i>

<b>H1</b>	<i>Hidrógeno</i>
<b>K</b>	<i>ATC diluido</i>
<b>LM</b>	<i>Licor Madre</i>
<b>MP</b>	<i>Corriente Reaccionante</i>
<b>O</b>	<i>Aire</i>
<b>Ox</b>	<i>Óxidos de Cobalto y Manganeso</i>
<b>P</b>	<i>Ácido tereftálico Crudo</i>
<b>PI</b>	<i>Salida del incinerador</i>
<b>PI2</b>	<i>Salida del Incinerador</i>
<b>Px</b>	<i>Materia Prima (P-xileno)</i>
<b>R1</b>	<i>Residuo columna 1</i>
<b>R11</b>	<i>Residuo Columna 1</i>
<b>R2</b>	<i>Residuo columna 2</i>
<b>R22</b>	<i>Residuo Columna 2</i>
<b>REC</b>	<i>Catalizador Recuperado y Arena de pirolisis</i>
<b>REC2</b>	<i>Catalizador Recuperado y Arena de pirolisis</i>
<b>TPA</b>	<i>Producto Acido Tereftálico puro</i>

<b>W</b>	<i>Agua</i>
<b>WD</b>	<i>Agua de Dilución</i>
<b>WO</b>	<i>Agua de Operación</i>

Tabla 28: Referencia de las corrientes

### IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS

SECCIÓN 100	<i>Etapa de Oxidación</i>
SECCIÓN 200	<i>Etapa de Purificación</i>
SECCIÓN 300	<i>Etapa de Recuperación</i>
DENOMINACIÓN	<b>Equipo</b>
<i>R-101</i>	Reactor de Oxidación
<i>R-201</i>	Reactor de Purificación
<i>R-301</i>	Reactor de Recuperación de Catalizador
<i>T-101</i>	Tanque almac. P-xileno
<i>T-102</i>	Tanque almac. Ac. Acético
<i>T-103</i>	Taque almac. Ac. Bromhídr.
<i>T-104</i>	Tanque almac. Acetato de Co
<i>T-105</i>	Tanque almac. Acetato de Mn
<i>T-106</i>	Tanque Agua para reacción

<i>T-107</i>	Tanque de Mezcla de MP
<i>T-108</i>	Tanque de almac. TPA crudo
<i>T-201</i>	Tanque de Dilución de Cristales
<i>T-301</i>	Tanque de Ácido Acético Glacial
<i>SV-201</i>	Tanque esférico almac. H2
<i>CR-101</i>	Cristalizador
<i>CR-102</i>	Cristalizador
<i>CR-103</i>	Cristalizador
<i>CR-201</i>	Cristalizador
<i>CR-202</i>	Cristalizador
<i>E-101</i>	Condensador R-101
<i>E-102</i>	Condensador CR-101
<i>E-103</i>	Condensador CR-102
<i>E-104</i>	Condensador CR-103
<i>E-301</i>	Condensador C-301
<i>E-302</i>	Condensador C-302
<i>E-303</i>	Reboiler C-301
<i>E-304</i>	Reboiler C-302

<i>E-305</i>	Intercambiador
<i>E-306</i>	Intercambiador
<i>CO-301</i>	Aeroenfriador
<i>D-101</i>	Secador Rotatorio
<i>D-201</i>	Secador Rotatorio
<i>S-101</i>	Decantador Centrífugo
<i>S-201</i>	Decantador Centrífugo
<i>S-301</i>	Decantador Centrífugo
<i>SL-201</i>	Silo de TPA
<i>C-301</i>	Columna de Destilación 1
<i>C-302</i>	Columna de Destilación 2
<i>F-301</i>	Incinerador
<i>FIL-301</i>	Filtro de Mangas
<i>CG-301</i>	<del>Columna lavadora de gases</del>
<i>K-01</i>	Compresor de Hidrógeno
<i>K-02</i>	Compresor de Oxígeno
<i>K-03</i>	Compresor de Aire
<i>G-01</i>	Generador de aire caliente para S-101



G-02

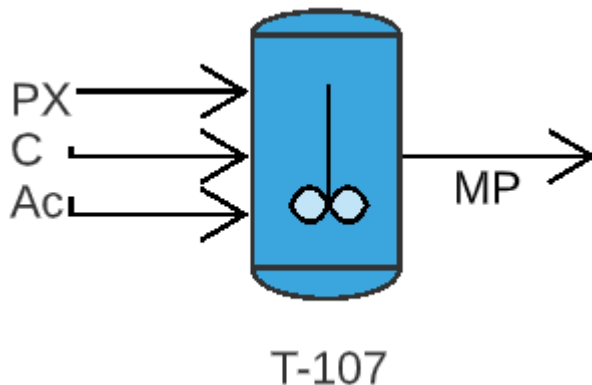
Generador de aire caliente para S-201

Tabla 29: Referencia de los equipos

## 7.2.2 Etapa de oxidación

### 7.2.2.1 Preparación de corriente de entrada

Se inicia con la recepción de materia prima e insumos en el tanque T-107 y luego de forma simultánea se añade el disolvente y el catalizador recuperado. El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance general:  $Ac + Px + C = MP$

### Consideraciones

- La corriente Ac que ingresa tiene una composición de 90% p/p de Ácido Acético. Esto define la composición de salida del fondo de la columna de destilación.
- La corriente de salida MP tiene que tener una relación de p-xileno/solvente de 1:3.
- El catalizador se conforma con acetato de cobalto el cual se recupera un 98%, con acetato de manganeso que se recupera un 100% y ácido bromhídrico el cual no es recuperado.

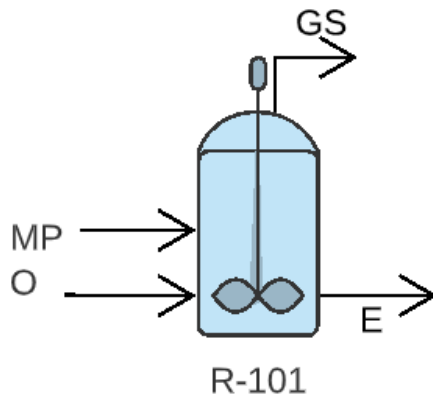
<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo T-107 - Preparación de materia prima</b>						
<b>Corriente</b>	Entrada/Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
<b>Ac</b>	Entrada	Ácido Acético	49904	Ácido acético	0,9	44913,6
				Agua	0,1	4990,4
<b>Px</b>	Entrada	P-xileno	16562	P-xileno	1	16562
<b>C</b>	Entrada	Catalizador	918	Acetato de Co	0,849	779,68
				Acetato de Mn	0,013	11,52
				Ácido Bromhídrico	0,138	126,86
<b>MP</b>	Salida	Corriente reaccionante	67384	Ácido acético	0,67	44913,6
				P-xileno	0,25	16552
				Catalizador	0,01	918
				Agua	0,07	4990,4

### 7.2.2.2 Reactor de oxidación R-101

Esta etapa se produce en un Reactor continuo tanque agitado que se alimenta en forma descendente con la corriente de entrada D la cuál reacciona con el aire que se introduce por el fondo. El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.

Se realiza la siguiente reacción estequiométrica:





Resumen de Balances:

- 1) T-01:  $Ac + Px + C = MP$
- 2) R 1:  $MP + O = GS + E$

Reemplazando 1 en 2:

$$A + B + C + O = GS1 + E$$

### *Consideraciones*

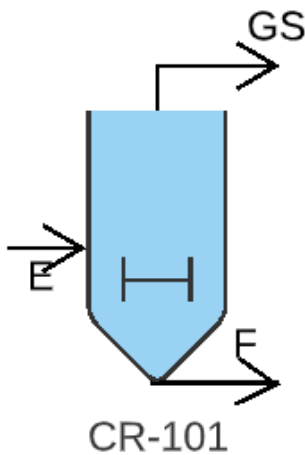
- La corriente de aire ingresa con un exceso del 66% molar del oxígeno necesario estequiométricamente para así minimizar la formación de subproductos.
- El reactor funciona a 200 ° C y 19 atm, teniendo un tiempo de residencia de 1 hora y media.
- El rendimiento de la reacción es del 95% molar.

<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo R-101 - Reactor de oxidación</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>MP</b>	Entrada	Materia Prima /Corriente reaccionante	67374	Ácido acético	0,67	44913,6
				P-xileno	0,25	16552
				Catalizador	0,01	918
				Agua	0,07	4990,4
<b>O</b>	Entrada	Aire	107448	Nitrógeno	0,77	82361
				Oxígeno	0,23	25087
<b>GS</b>	Salida	Gases de Salida	93969,42	Nitrógeno	0,87	82361
				p-xileno	0,0001	12,87
				a. acético	0,0027	258
				Oxígeno	0,11	10442
				Agua	0,0019	183
				CO	0,005	481,51
				acetato de metilo	0,0024	231,05
<b>E</b>	Salida	Efluente del reactor	80848,7	P-xileno	0,0003	22,4
				Ácido Tereftálico	0,32	25343
				Agua	0,13	10291,5
				a. acético	0,55	44273,8
				Catalizador	0,01	918

### 7.2.2.3 *Cristalizador CR*

En el reactor la mayoría de TPA precipita debido a su baja solubilidad en el solvente, lo cual produce un sistema de tres fases: cristales de TPA sólido, disolvente con algo de TPA disuelto y vapor.

La corriente de efluente del reactor ingresa al cristalizador con el fin de obtener más TPA cristalizado. El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General:  $E = GS + F$

#### *Consideraciones*

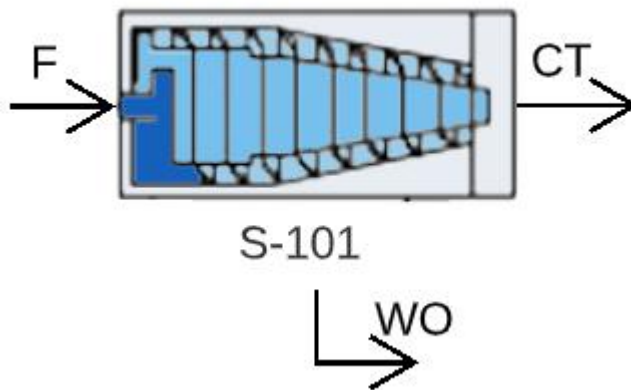
- Al bajar la temperatura del efluente del reactor de 200 ° C a 80 ° C se logra la precipitación total del ácido tereftálico.
- La temperatura de operación es de 80 ° C y la presión de 1 atm.

<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo CR-101/02/03 – Cristalizador</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/ Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>E</b>	Entrada	Efluente del reactor	80848,7	P-xileno	0,0003	22,4
				Ácido Tereftálico	0,32	25343
				Agua	0,13	10291,5
				a. acético	0,55	44273,8
				Catalizador	0,01	918
<b>GS1/2/3</b>	Salida	Gases de Salida	8,62	p-xileno	0,046	0,4
				a. acético	0,56	4,8
				Agua	0,40	3,42
<b>F</b>	Salida	Líquido madre y cristales	80823	P-xileno	0,0003	22
				Ácido Tereftálico	0,32	25343
				Agua	0,13	10291,5
				a. acético	0,55	44269
				Catalizador	0,01	918

#### 7.2.2.4 Filtro S-101

La suspensión obtenida en el cristalizador pasa a través de una centrífuga para eliminar la mayor cantidad de agua de los cristales del producto.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General:

$$F = WO + CT$$

#### Consideraciones

- En la centrífuga se logra eliminar entre el 90 y 95% de agua que acompaña a los cristales de producto en la corriente de salida del cristalizador. En este caso se elimina un 94% de agua.

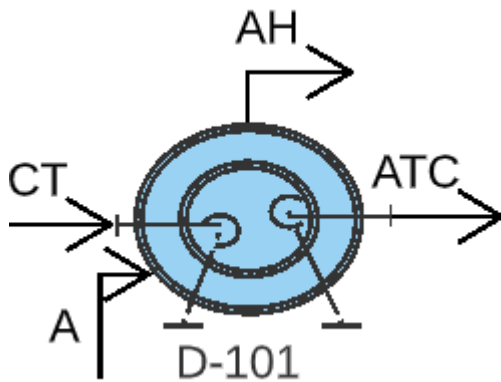
<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo S-101 - Centrífuga</b>						
<b>Corriente</b>	Entrada/ Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
<b>F</b>	Entrada	Líquido madre y cristales	80823	P-xileno	0,00027	22
				Ácido Tereftálico	0,32	25343
				Agua	0,13	10291,5
				Catalizador	0,01	918
				a. acético	0,55	44269
<b>WO</b>	Salida	Agua de Operación	54860,6	P-xileno	0,0004	22
				Agua	0,176	9651,6
				Catalizador	0,02	918
				a. acético	0,807	44269
<b>CT</b>	Salida	Producto	25982,9	Ácido Tereftálico	0,98	25343
				Agua	0,02	639,9

#### 7.2.2.5 Secador Rotatorio D-101

El producto pasa a través del secador para obtener los cristales finales con la cantidad de agua asociada óptima.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.





Balance General:  $CT + A = AH + ATC$

### Consideraciones

- Se utiliza para esta operación un secador rotatorio de sólidos.
- En el secador se remueve el 60% de humedad obteniendo así la cantidad de agua requerida asociada al producto.
- Los cristales de TPA obtenidos en el secador tienen un 99% de pureza y un 1% de humedad.

Balance parcial de componentes						
Equipo D-101 - Secador Rotatorio						
Corriente	Entrada/ Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
CT	Entrada	Cristales de Producto	25983,03	Ácido Tereftálico	0,98	25343,13
				Agua	0,025	639,9
A	Entrada	Aire seco	1650	Aire	1	1650
ATC	Salida	Ácido Tereftálico Crudo	25599,13	Agua	0.01	256

				Ácido Tereftálico	0,99	25343,13
<b>AH</b>	Salida	Aire húmedo	2034	Aire	0,82	1650
				Agua	0,18	384

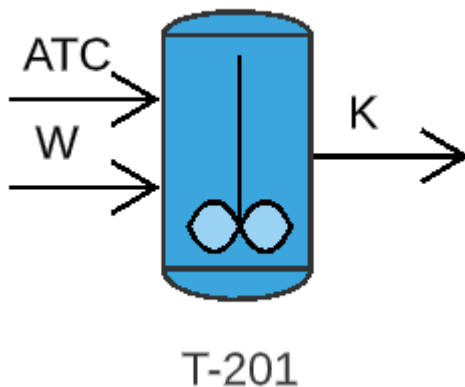
### 7.2.3 Etapa de Purificación

Esta etapa es necesaria para lograr la pureza requerida. Las impurezas principales que contiene el TPA crudo son ácidos aromáticos que son el resultado de la oxidación de p-xileno y de otros aromáticos en la alimentación, pero sobre todo contiene 4- carboxybenzaldehido (hasta 5000 ppm) el cuál es el responsable de la coloración de los polímeros obtenidos del ácido tereftálico. Dicha impureza no debe exceder las 50 ppm y puede reducirse por hidrogenación catalítica.

#### 7.2.3.1 Tanque de Dilución T-201

En el mismo se realiza la preparación de la alimentación, en donde los cristales de TPA se disuelven en agua de proceso caliente a para aumentar su solubilidad.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General

$$W+ATC = K$$

### Consideraciones

- La suspensión formada contiene al menos 15% en peso de TPA y el resto son impurezas accesibles a la reacción de purificación.
- El tanque de disolución opera a 250 °C y a  $4 \cdot 10^6$  Pa. Absolutos.

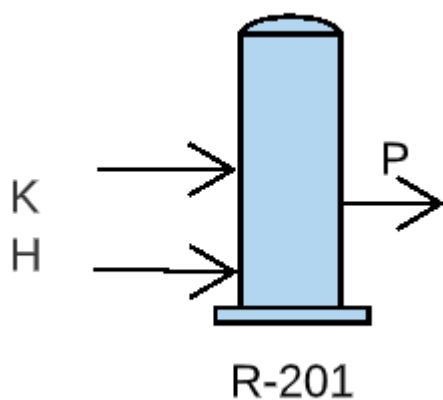
Balance parcial de componentes						
Equipo T-201 – Tanque de dilución						
Corriente	Entrada/Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
ATC	Entrada	Ácido Tereftálico Crudo	25649,13	Agua	0,010	256
				Ácido 4-formilbenzoico	0,002	50
				Ácido Tereftálico	0,988	25343,13
W	Entrada	Agua	143353	Agua	1	143353
K	Salida	Dilución ATC	169002,13	Agua	0,85	143609
				Ácido Tereftálico	0,15	25343,13
				Ácido 4-formilbenzoico	0,0003	50

### 7.2.3.2 Reactor de Hidrogenación R-201

El reactor de hidrogenación cumple la función de hidrogenar las impurezas con el fin de que se obtenga un producto final con menos de 50ppm de las mismas.

El ácido 4-formilbenzoico se hidrogena a ácido p-toluico.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General

$$K + H = P$$

Reacción de hidrogenación

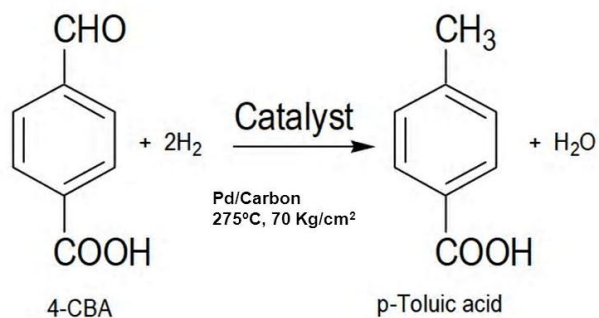


Ilustración 49: Reacción de purificación

### Consideraciones

- La solución que abandona el tanque de dilución fluye a través de un reactor de hidrogenación en donde se agrega hidrógeno que se disuelve en la solución de alimentación.
- El ácido 4-formilbenzoico se hidrogena a ácido p-toluico reduciendo su composición a menos de 50 ppm.
- El catalizador utilizado es de paladio soportado sobre carbón y es altamente selectivo.
- Diversas impurezas coloreadas se hidrogenan a productos incoloros.
- La pérdida de TPA por reducción de ácido carboxílico o hidrogenación de anillo es del 1%.
- Se utiliza 3 moles en exceso de hidrógeno sobre la cantidad estequiométrica requerida para las principales impurezas reducibles.

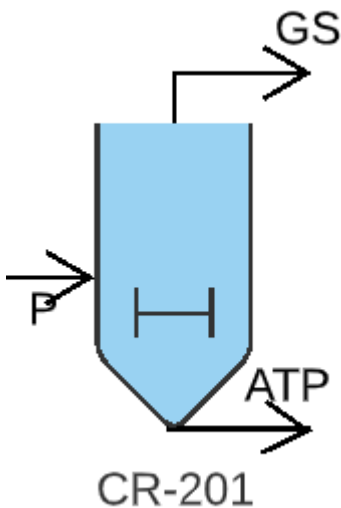
<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo R-201 - Reactor de Hidrogenación</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>K</b>	Entrada	Dilución ATC	169002,13	Agua	0,85	143609
				Ácido Tereftálico	0,15	25343,13
				Ácido 4-formilbenzoico	0,0003	50
<b>H</b>	Entrada	Hidrógeno	3,26	Hidrógeno	1	3,26
<b>P</b>	Salida	ATC	169005,13	Hidrógeno	1E-05	1,96
				Agua	0,85	143614,8
				Ácido Tereftálico	0,15	25089,70

				Ácido 4-	7,3E-06	1,24
				formilbenzoico		
				Ácido p-toluico	0,0018	297,43

### 7.2.3.3 *Cristalizador CR-201/02*

Para obtener los cristales de TPA purificados es necesario reducir la temperatura de la solución y por lo tanto utilizamos un cristalizador a 80 °C.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General

$$P = GS + ATP$$

<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo C-201/02- Cristalizador</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>P</b>	Entrada	ATC	168752,10	Hidrógeno	1E-05	1,96
				Agua	0,85	143614,8
				Ácido Tereftálico	0,15	25089,70
				Ácido formilbenzoico 4-	7,3E-06	1,24
				Ácido p-toluico	0,0003	44,4
<b>GS</b>	Salida	Hidrógeno residual	1,96	Hidrógeno	1	1,96
<b>ATP</b>	Salida	ATP	168750,14	Agua	0,85	143614,8
				Ácido Tereftálico	0,15	25089,70
				Ácido formilbenzoico 4-	7E-06	1,24
				Ácido p-toluico	0,0003	44,4

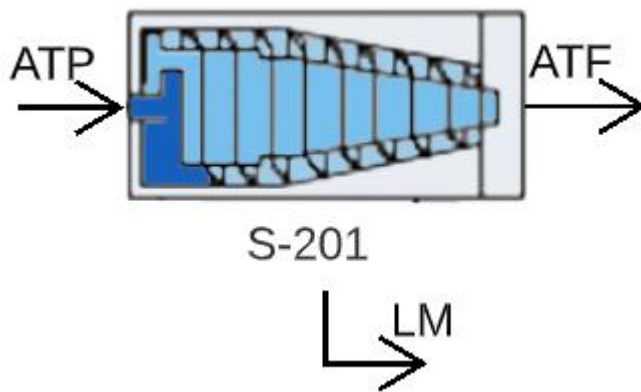
### Consideraciones

- La temperatura en el cristizador disminuye de 250 °C a 80 ° C comenzando la cristalización a los 245 °C.
- El ácido p-toluico más soluble formado en el reactor y otras impurezas permanecen en el licor madre.
- La pureza final del producto es un contenido de menos de 50 ppm de 4-CBA.

#### 7.2.3.4 Filtración S-201

Después de dejar el cristizador final, la suspensión se somete a centrifugación para producir una torta húmeda.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General

$$ATP = ATF + LM$$



<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo S-201- Centrífuga</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>ATP</b>	Entrada	ATP	168750,14	Agua	0,85	143614,8
				Ácido Tereftálico	0,15	25089,70
				Ácido 4-formilbenzoico	7E-06	1,24
				Ácido p-toluico	0,0003	44,4
<b>ATPF</b>	Salida	ATPF	25723,24	Agua	0,025	632,3
				Ácido Tereftálico	0,975	25089,7
				Ácido 4-formilbenzoico	4,8E-05	1,24
<b>LM</b>	Salida	Licor Madre	143026,9	Ácido p-toluico	0,0003	44,4
				Agua	0,9997	142982,5

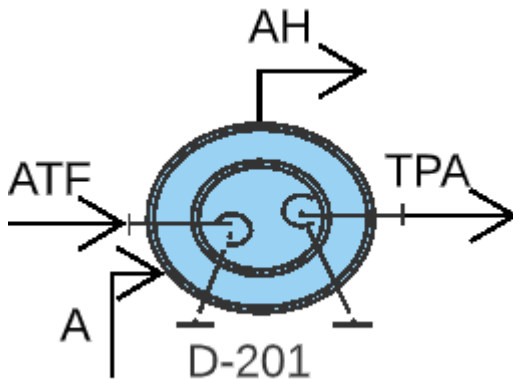
### *Consideraciones*

- En la centrífuga se logra eliminar entre el 90 y 95% de agua que acompaña a los cristales de producto en la corriente de salida del cristalizador. En este caso se elimina un 94% de agua.
- El ácido p-toluico más soluble formado en el reactor y otras impurezas permanecen en el licor madre.

### 7.2.3.5 Secador Rotatorio D-201

El producto pasa a través del secador para obtener los cristales finales con la cantidad de agua asociada óptima.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General:  $ATPF + A = AH + TPA$

Balance parcial de componentes						
Equipo D-201- Secador Rotatorio						
Corriente	Entrada/Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
ATPF	Entrada	ATPF	25723,24	Agua	0,025	632,3
				Ácido Tereftálico	0,975	25089,7
				Ácido 4-formilbenzoico	4- 4,8E-05	1,24
A	Entrada	Aire seco	1650	Aire	1	1650
AH	Salida	Vapor/Agua	2020,56	Aire	0,82	1650

				Agua	0,18	370,56
TPA	Salida	TPA grado Polímero	25337,98	Agua	0,0097	247,04
				Ácido Tereftálico	0,99	25089,7
				Ácido 4- formilbenzoico	4,9E-05	1,24

### Consideraciones

- Se utiliza para esta operación un secador rotatorio de sólidos.
- En el secador se remueve el 60% de humedad obteniendo así la cantidad de agua requerida asociada al producto.
- Los cristales de TPA obtenidos en el secador tienen un 99% de pureza y un 1% de humedad.

#### 7.2.3.6 Silo de Almacenamiento SL-201

Una vez obtenidos los cristales de ácido tereftálico puro grado polímero se almacenan en un silo en las condiciones necesarias requeridas.

### 7.2.4 Etapa de Recuperación

#### 7.2.4.1 Recuperación de Disolvente

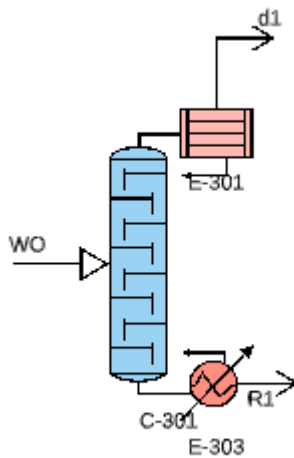
En la reacción de oxidación se forma agua y algunos subproductos indeseables que se deben eliminar del disolvente de ácido acético.

El licor madre que sale de la centrífuga se purifica en una torre de recuperación de disolvente para purificar el ácido acético. Una vez purificado sale por la parte inferior de la torre y se recicla al reactor combinándose con ácido acético nuevo y el producto superior se puede procesar para la recuperación y regeneración del catalizador.

### 7.2.4.2 Columna de Destilación C-301

La purificación del licor madre se lleva a cabo a través de una destilación, para que de esta forma se elimine el agua sobrante la cual se lleva consigo el resto de las impurezas y del catalizador.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General

$$WO = d1 + R1$$

Balance parcial de componentes						
Equipo C-301 - Destilación						
Corriente	Entrada/Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
WO	Entrada	Agua de Operación	54860,6	P-xileno	0,0004	22
				Agua	0,176	9651,6

				Catalizador	0,02	918
				a. acético	0,807	44269
<b>R1</b>	Salida	Residuo	49088,64	Ácido acético	0,89	43568,22
				p-xileno	0,0004	22
				Acetato de Co	0,016	779,68
				Acetato de Mn	0,0002	11,52
				Agua	0,1	4707,22
<b>d1</b>	Salida	Destilado	5771,56	Ácido acético	0,12	700,78
				Agua	0,86	4943,78
				Ácido Bromhídrico	0,022	127

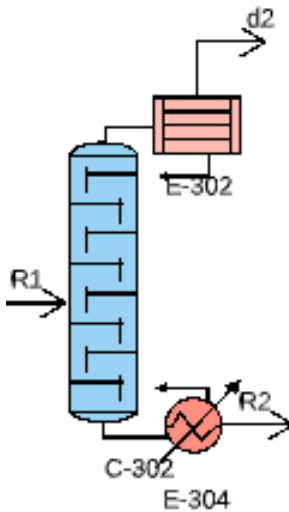
### Consideraciones

- El licor madre ingresa a una temperatura de 70° C y a una presión de 2 atm.
- El destilado es agua de proceso y se envía a tratamiento.
- En el reciclado se obtiene una mezcla de ácido acético y catalizador la cuál es enviada a una segunda columna de destilación.

#### 7.2.4.3 Columna de Destilación C-302

El residuo de la primera columna es enviado a una segunda columna en donde lo que obtenemos en el destilado es el solvente al 90% listo para recircular mientras que como residuo sale parte del ácido acético junto con el catalizador para comenzar la etapa de recuperación del mismo.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7.



Balance General

$$R1 = d2 + R2$$

Balance parcial de componentes						
Equipo C-302 - Destilación						
Corriente	Entrada/ Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
<b>R1</b>	Entrada	Residuo D-01	49088,64	Ácido acético	0,89	43568,22
				p-xileno	0,0004	22
				Acetato de Co	0,016	779,68
				Acetato de Mn	0,0002	11,52
				Agua	0,1	4707,22
<b>d2</b>	Salida	Destilado D-02	46891,19	p-xileno	0,0004	22
				Agua	0,10	4707,19

				Ácido acético	0,90	42162
<b>R2</b>	Salida	Residuo D-02	2197,2	Ácido acético	0,64	1406
				Acetato de Co	0,35	779,68
				Acetato de Mg	0,01	11,52

### Consideraciones

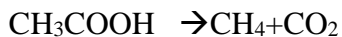
- El residuo de la primera columna ingresa a una temperatura de 170° C y a una presión de 2 atm.
- En la destilación se obtiene una solución de ácido acético al 90 %, por ende, es reciclada al reactor.
- En el residuo se obtiene una corriente que contiene los catalizadores a recuperar.

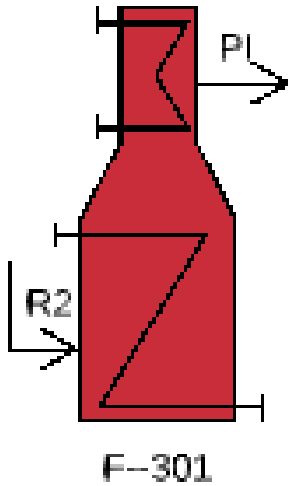
#### 7.2.4.4 Incinerador F-301

A través de esta operación se obtienen las cenizas de los óxidos de cobalto y de manganeso en conjunto con la arena de pirolisis del incinerador.

Incineración

∅





Balance parcial de componentes						
Equipo F-301 - Incinerador						
Corriente	Entrada/ Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
R2	Entrada	Residuo D-02	2197,2	Ácido acético	0,64	1406
				Acetato de Co	0,35	779,68
				Acetato de Mg	0,01	11,52
PI	Salida	Gases de Salida	1958,38	Vapor de Agua	0,0872	170,7
				Hidrógeno	0,0130	25,47
				CO <sub>2</sub>	0,5265	1031,15
				CO	0,1814	355,26



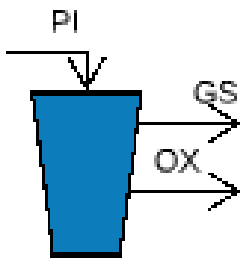
				CH <sub>4</sub>	0,1919	375,8
	Salida	Óxidos	238,61	CoO	0,98	234,53
				MnO <sub>2</sub>	0,02	4,08

### Consideraciones

- La pirolisis del acetato de cobalto y el acetato de manganeso en ausencia de oxígeno se lleva a cabo a una temperatura de 750°C y a una presión de 1atm.
- A una temperatura mayor de 440°C se genera la incineración del ácido acético.
- La pirolisis se lleva a cabo en un incinerador de arena de lecho fluidizado y por lo tanto los óxidos metálicos quedan retenidos en la misma.

#### 7.2.4.5 Filtro de Mangas FIL-301

Una vez que salen los óxidos del incinerador, son separados de los gases al pasar por un filtro de mangas.



FIL-301

Balance General:

$$PI = GS + OX$$

<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo FIL-301 – Filtro de Mangas</b>						
<b>Corriente</b>	Entrada/ Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)
<b>PI</b>	Entrada	Salida incineradora	2196,99	Vapor de Agua	0,0777	170,7
				Hidrógeno	0,0116	25,47
				CO <sub>2</sub>	0,4693	1031,15
				CO	0,1617	355,26
				CH <sub>4</sub>	0,1710	375,8
				CoO	0,1067	234,53
				MnO <sub>2</sub>	0,0018	4,08
<b>GS4</b>	Salida	Gases	1958,38	Vapor de Agua	0,0872	170,7
				Hidrógeno	0,0130	25,47
				CO <sub>2</sub>	0,5265	1031,15
				CO	0,1814	355,26
				CH <sub>4</sub>	0,1919	375,8
<b>OX</b>	Salida	Óxidos	238,61	CoO	0,9829	234,53
				MnO <sub>2</sub>	0,0171	4,08

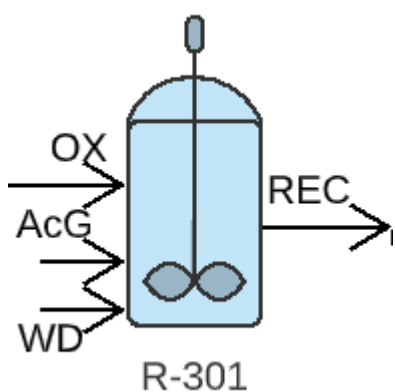
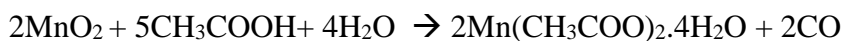
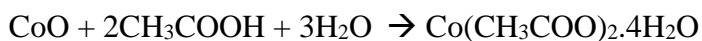
### Consideraciones

- Los óxidos pasan a través del filtro junto con la arena de pirolisis.

#### 7.2.4.6 Reactor de recuperación de catalizador R-301

En el reactor de recuperación de catalizador es donde se lleva a cabo la reacción mediante la cual los óxidos son convertidos en acetatos una vez que se combinan con una mezcla de ácido acético glacial y agua a elevada temperatura y presión.

Las reacciones estequiométricas que se llevan a cabo son las siguientes:



Balance General:



<b>Balance parcial de componentes (9 atm)</b>						
<b>Equipo R-301- Reactor de recuperación de catalizador</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>Ox</b>	Entrada	Óxidos	300	CoO	0,78	234,53
				MnO <sub>2</sub>	0,02	4,08
		Arena de Pirólisis		Arena	0,2	61,4
<b>WD</b>	Entrada	Agua de Dilución	461,64	Agua	1	461,64
<b>AcG</b>	Entrada	Ácido acético glacial	3000	Ácido acético glacial	1	3000
<b>GS6</b>	Salida	Gases de salida	1,316	CO	1	1,316
<b>REC</b>	Salida	Recuperación de Catalizador	3761,29	Acetato de cobalto tetrah.	0,207	779,68
				Acetato de manganeso tetrah	0,003	11,59
				Ac. Acético	0,696	2617,95
				Arena de pirólisis	0,016	61,4
				Agua	0,077	290,67

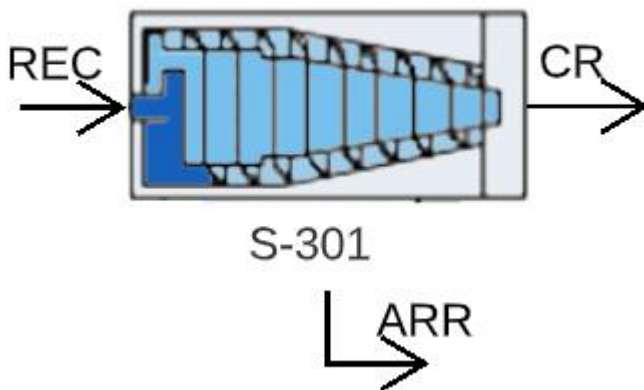
### Consideraciones

- La relación de ácido acético glacial a arena de pirólisis cargada en el reactor es de 10:1.
- La temperatura en el reactor es de 200 °C y la presión es de 9atm.
- El ácido acético a elevada temperatura y a elevada presión solubiliza el Co y Mn en sales de acetato.
- Se obtiene un rendimiento de 98,8% en peso de cobalto y un 100% de manganeso.
- La cantidad de agua debe ser en un intervalo del 5 al 20% p/p con respecto al ácido acético.

#### 7.2.4.7 Filtración S-301

Una vez obtenidos los acetatos, los mismos se centrifugan para separar la solución de la arena de pirólisis.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7



Balance General:

$$REC = ARR + CR$$



<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo S-301- Filtro- Centrífuga</b>						
<b>Corriente</b>	Entrada/ Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción máscica	Masa (kg)
<b>REC</b>	Entrada	Recuperación de Catalizador	3761,15	Acetato de cobalto	0,147	554
				Acetato de manganeso	0,002	8,13
				Ac. Acético	0,696	2617,95
				Arena de pirolisis	0,016	61,4
				Agua	0,138	519,67
<b>CR</b>	Salida	Catalizador Recuperado	3699,89	Acetato de cobalto	0,211	779,68
				Acetato de manganeso	0,003	11,59
				Ac. Acético	0,708	2617,95
				Agua	0,079	290,67
<b>ARR</b>	Salida	Arena a recircular	61,4	Arena de pirolisis	1	61,4

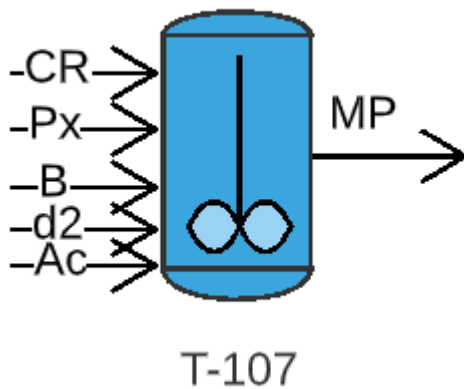
### Consideraciones

- La arena de pirolisis luego del centrifugado puede ser lavada con agua para ser reutilizada.

#### 7.2.4.8 Tanque de alimentación T-107

Una vez realizada la recuperación del catalizador se realiza la mezcla de la alimentación fresca más el disolvente y catalizador recuperados en el Tanque 107. Al poner en marcha la planta serán todas las materias primas frescas y luego se irán recuperando y recirculando al tanque.

El cálculo del balance de masa es realizado en CHEMCAD v7



Balance General:

$$CR+d2+B+PX+Ac = MP$$

<b>Balance parcial de componentes</b>						
<b>Equipo T-107- Tanque de Mezclado</b>						
<b>Corriente</b>	<b>Entrada/ Salida</b>	<b>Denominación</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción máscica</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>CR</b>	Entrada	Catalizador Recuperado	3699,89	Acetato de cobalto	0,211	779,68
				Acetato de manganeso	0,003	11,59
				Ac. Acético	0,708	2617,95
				Agua	0,079	290,67
<b>d2</b>	Entrada	Destilado D-02	46869,19	Agua	0,10	4707,19
				Ácido acético	0,90	42162
<b>B</b>	Entrada	Promotor	126,86	Ácido Bromhídrico	1,000	126,86
<b>PX</b>	Entrada	P-xileno	16552	P-xileno	1,000	16552
<b>AAc</b>	Entrada	Entrada fresca de ácido acético al 90%	127	Ácido acético	0,900	114
				Agua	0,100	13
<b>MP</b>	Salida	Materia Prima	67374,94	Acetato de cobalto	0,012	779,68
				Acetato de manganeso	0,0002	11,59
				Ac. Acético	0,6663	44893,95
				Ácido Bromhídrico	0,0019	6,86
				P-xileno	0,2457	16552
				Agua	0,0744	5010,86



### *Consideraciones*

- El ácido acético debe encontrarse al 90% p/p y si no debe llevarse a dicha concentración.
- Se agrega como corriente fresca el promotor ácido bromhídrico.
- La corriente de salida está en condiciones de ser llevada al reactor de oxidación.

### 7.3 Balance de energía

Se tienen en cuenta las etapas donde la energía intercambiada es relevante y justifica el análisis. Estas son:

#### Oxidación

- Calentamiento de la materia prima
- Oxidación de Para-Xileno (Reactor, Condensador)
- Cristalización (Cristalizador, Condensador)
- Secado (Secador, Calentamiento de Aire)

#### Purificación

- Dilución
- Cristalización (Cristalizador, Condensador)
- Secado (Secador, Calentamiento de Aire)

#### Recuperación de Disolvente

- Columnas de Destilación
- Intercambiador

#### Recuperación de Catalizador

- Enfriamiento del Licor madre
- Pirolisis (Incinerador)

- Enfriamiento de Cenizas
- Recuperación, dilución (Reactor)
- Enfriamiento de recuperado

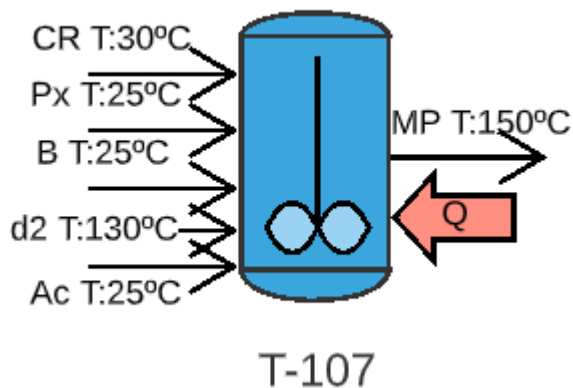
### 7.3.1 Etapa de oxidación

#### 7.3.1.1 Calentamiento de la materia prima T-107

En esta etapa se produce el calentamiento de la materia prima a 150°C y 17atm, para obtener las condiciones necesarias de ingreso al reactor y para generar una solución entre los componentes para favorecer a la reacción.

Teniendo en cuenta el caudal y la temperatura a la cual se debe calentar, el tiempo de residencia es de aproximadamente 1 Hora.

El cálculo de energía se realizó en CHEMCAD v7.



Balance general:

$$H_{CR} + H_{d2} + H_{Ac} + H_{PX} + H_B + Q + Q_{agitación} + \Delta H_{disolución} - Q_{pérdidas} + \Delta H_{reacción} = H_{T4}$$

Consideraciones:

- Se suponen despreciable las pérdidas de energía por convección y radiación al ambiente.
- Se supone despreciable el aporte energético producto de la agitación mecánica.
- Se supone despreciable el calor de reacción y disolución de los componentes.

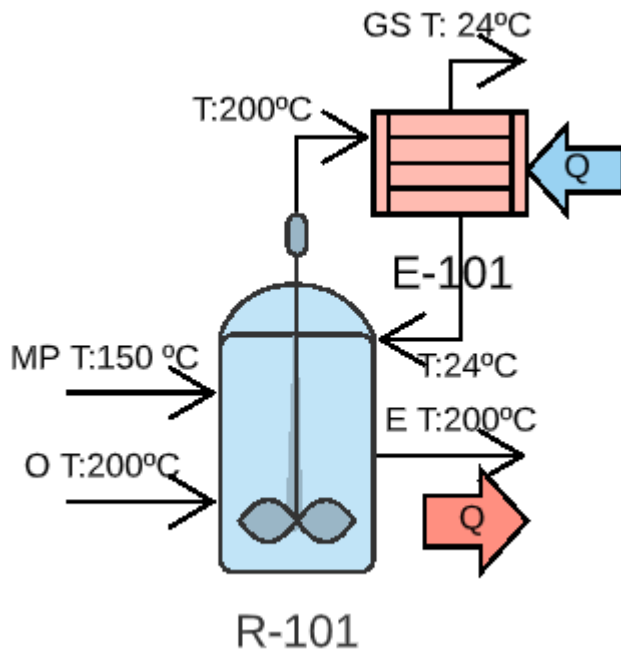
<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo T-107 - Calentamiento de la materia prima</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión</b>	<b>T. entrada (°C)</b>	<b>T. salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>
<b>CR</b>	3699,89	Acetato de cobalto	0,211	17	30	150	22,14
		Acetato de manganeso	0,003				
		Ac. Acético	0,708				
		Agua	0,079				
<b>d2</b>	46869,19	Agua	0,10		130	32,43	
		Ácido acético	0,90				
<b>B</b>	126,86	Ácido Bromhídrico	1,000		25		
<b>PX</b>	16552	P-xileno	1,000		25	43	
<b>Ac</b>	127	Ácido acético	0,900	25	26,41		
		agua	0,100				
<b>Calor de calentamiento Q+ (kcal/h)</b>					<b>1786800</b>		

### 7.3.1.2 Reactor de oxidación y condensador R-101 y E-101

La corriente de materia prima junto con el oxígeno comprimido será la alimentación del reactor en donde se lleva a cabo la oxidación a 200°C. Dicha reacción es exotérmica, por ende, una vez que comienza, se debe refrigerar el reactor de manera tal de disipar la energía generada. A su vez la temperatura se mantiene con ayuda del reflujo del condensador.

La operación tiene un tiempo de residencia es de 1 hora y media.

El cálculo de energía se realizó en CHEMCAD v7.



Balance general:

$$Q_g - Q_t - Q_c = Q_{ac}$$

$$Q_g = Q_{rxn} = \Delta H_{rxn} \cdot m$$

$$Q_t = U.A. \Delta T$$

$$Q_{ac} = 0$$

$Q_g$  = Calor generado;  $Q_t$  = Calor transferido;  $Q_c$  = Calor de condensación;  $Q_{ac}$  = Calor acumulado

$$\text{Entonces: } \Delta H_{rxn} \cdot m - Q_c = U.A. \Delta T$$

A partir de los calores de formación de los reactivos a 200 °C se obtiene el calor de reacción a dicha temperatura.

$$\Delta H_{rxn} = -1211,95 \text{ Kj/mol}$$

$$Q_{rxn} = (-1211,95 \frac{\text{Kj}}{\text{mol}}) \cdot (\frac{1 \text{Kmol}}{106,16 \text{Kg}}) \cdot (\frac{1000 \text{mol}}{1 \text{Kmol}}) \cdot (\frac{0,239006 \text{ Kcal}}{1 \text{Kj}}) \cdot (\frac{16562 \text{Kg}}{1 \text{hr}})$$

$$Q_{rxn} = -45190315,88 \text{ kcal / h}$$

$$Q_c = 7173690 \text{ kcal / h}$$

$$Q_t = -38016625,88 \text{ kcal / h}$$

#### Consideraciones:

- Se considera el sistema como un todo teniendo en cuenta el calor liberado por la reacción y el calor de condensación para calcular el calor transferido. Una vez calculado el mismo se diseña la chaqueta de enfriamiento para mantener la temperatura del reactor.

Balance parcial de energía								
Equipo R-101 - Reactor de Oxidación								
Corriente	Entrada/Salida	Masa total (kg)	Componente	Fracción molar	Cp. (kcal/kmol *°C)	Temperatura entrada (°C)	Temperatura salida (°C)	Presión
<b>MP</b>	Materia Prima Entrada	67434,94	P-xileno	0,245	36,05	150	200	19
			Acetato de Cobalto	0,011				
			Acetato de Manganeso	0,0002				
			Ácido Acético	0,666				
			Agua	0,074				
			Bromuro de Hidrógeno	0,0018				
<b>O</b>	Aire de oxidación Entrada	107448	Nitrógeno	0,77	7,94	200		
			Oxígeno	0,23				
<b>GS1</b>	Gases de Salida	93969,42	Nitrógeno	0,87	7,13	24		
			p-xileno	0,0001				
			a. acético	0,0027				
			Oxígeno	0,11				

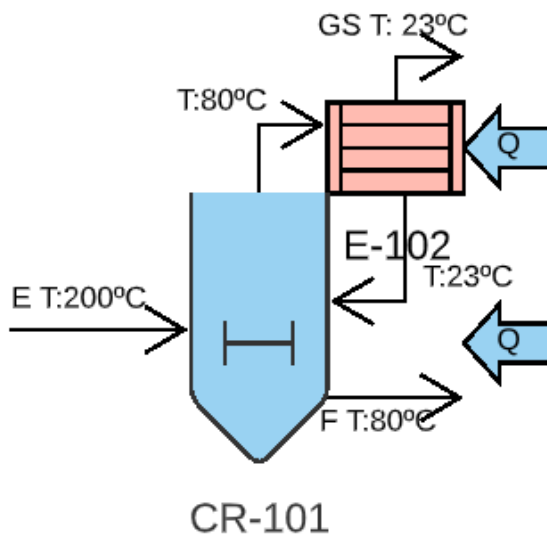
			vapor de Agua	0,0098				
			CO	0,005				
			acetato de metilo	0,0024				
<b>E</b>	Producto Salida	80848,7	P-xileno	0,0003	42,7	200		
			Ácido Tereftálico	0,32				
			Agua	0,13				
			a. acético	0,55				
			Catalizador	0,01				
<b>Calor Liberado por la reacción Qrxn (kcal/h)</b>							-45190315,88	
<b>Balance parcial de energía</b>								
<b>Equipo E-101 - Condensador Reactor</b>								
Corriente	Entrada/ Salida	Masa Total (kg)	Componente	Fracción másica	Temp. entrada (°C)	Temp. salida (°C)	Cp. (kcal/k mol*° C)	
	Gases de Salida	93969,42	Nitrógeno	0,87	200	24	44,97	
			p-xileno	0,0001				
			a. acético	0,0027				

			Oxígeno	0,11			
			vapor	0,0098			
			CO	0,005			
			Acetato de metilo	0,0024			
<b>Calor de Condensación Q- (kcal/h)</b>					<b>7173690</b>		

### 7.3.1.3 *Cristalizador y condensador CR-101/02/03 y E-102/103/104*

La operación consiste en someter al producto de salida del reactor (el ácido tereftálico en solución acuosa) a un descenso de temperatura de 200 a 80°C para así generar la formación de cristales.

Este balance se realiza mediante el simulador CHEMCAD v6.1.





Se desprecian las pérdidas por convección y radiación al ambiente.

Balance General:

$$H_E + H_{REC} = H_F + H_{GS2} + Q_{enf}$$

$$Q_{enf} = 4873900 \text{ kcal /h}$$

$$Q_c = 247738 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{tot} = 5121638 \text{ kcal/h}$$

Consideraciones:

- Se considera al sistema como un todo, por ende, se tiene en cuenta el calor de enfriamiento en el cristalizador y el calor de condensación para calcular el calor que se necesita eliminar.
- El cristalizador despresuriza al mismo tiempo que disminuye la temperatura del producto.

<b>Balance parcial de energía</b>								
<b>Equipo CR-101/02/03 – Cristalizador</b>								
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>	
<b>E</b>	80848,7	P-xileno	0,00028	1	200	80	42,7	
		Ácido Tereftalico	0,32					
		Agua	0,13					
		a. acético	0,55					

		Catalizador	0,01				
<b>Calor de Enfriamiento Q- (kcal/h)</b>					<b>4873900</b>		

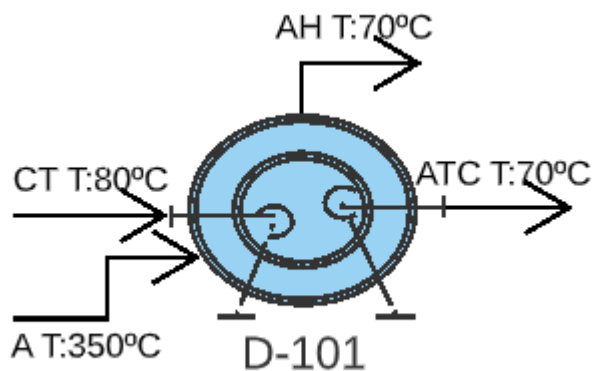
<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo E-102/03/04 - Condensador Cristalizador</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>
<b>G</b>	8,62	Nitrógeno	0,87	1	200	23	10,08
		p-xileno	0,0001				
		a. acético	0,0027				
		Oxígeno	0,11				
		Agua					
		CO	0,005				
		acetato de metilo	0,0024				
<b>Calor de Condensación Q- (kcal/h)</b>					<b>247738</b>		

#### 7.3.1.4 Secador Rotativo D-101

Una vez obtenidos los cristales de ácido tereftálico crudo del cristalizador, procedemos a separarlos del líquido madre a través de una centrífuga y luego de un secador para eliminar el resto de la humedad que poseen los mismos.

En el secador se remueve el 60% de humedad que poseen los cristales obteniendo así la cantidad de agua asociada requerida.

Los cristales de TPA obtenidos tienen un 99% de pureza y un 1 % de humedad.



Balance de Energía

$$H_{CT} + H_A = H_{ATC} + H_{AH}$$

Siendo:

$H_F$  = entalpía de la corriente F de entrada

$H_A$  = entalpía de la corriente de Aire a la entrada

$H_{ACT}$  = entalpía de la corriente ACT de salida

$H_{AH}$  = entalpía de la corriente de Aire a la salida

Consideraciones:

- Se estima que existe una pérdida de calor de 10% de la entalpía del aire a la entrada, por ende,  $Q_{\text{perdido}} = 130740 \text{ kcal/h} \times 0,10 = 13074 \text{ kcal/h}$

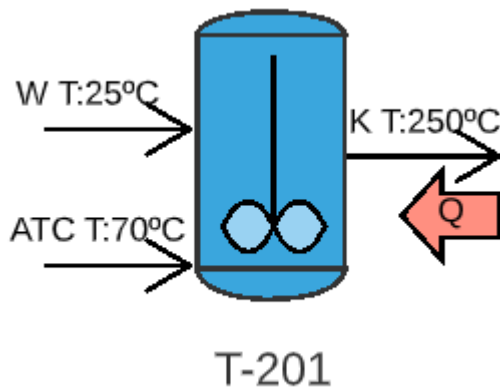
<b>Balance parcial de energía</b>								
<b>Equipo D-101 – Secador</b>								
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción molar</b>	<b>Presión (atm)</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>	<b>Entalpía (kcal/h)</b>
<b>CT</b>	25982,9	Ácido Tereftálico	0,98	1	80	-	17,994	-2,818E+07
		Agua	0,2					
<b>A</b>	1650	Aire	1	1	350	-	7,27	1,3074E+05
<b>ATC</b>	25599,13	Ácido Tereftálico	0,9	1	-	70	18	-1,202E+06
		Agua	0,1					
<b>AH</b>	2034	Aire	0,8	1	-	70	7,37	-2,685E+07
		Agua	0,2					
<b>Calor Transferido Q (kcal/h)</b>					<b>-28057260</b>			
<b>Calor Perdido Q (kcal/h)</b>					<b>13074</b>			

### 7.3.2 Etapa de Purificación

#### 7.3.2.1 Tanque de Dilución T-201

En esta etapa se realiza la dilución del ácido tereftálico crudo con agua caliente, obteniendo una suspensión con un 15% en peso de TPA.

El tanque de disolución opera a 250 °C y a  $4 \cdot 10^6$  Pa. Absolutos.



Balace de Energía:

$$H_W + H_{ATC} + Q = H_K$$

Balance parcial de energía							
Equipo T-201 - Tanque de Dilución							
Corriente	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Presión	Temperatura entrada (°C)	Temperatura salida (°C)	Cp. (kcal/kmol*°C)
ATC	25649,13	Agua	0,01	40	70	250	21,42
		Ácido formilbenzoico	4-0,002				

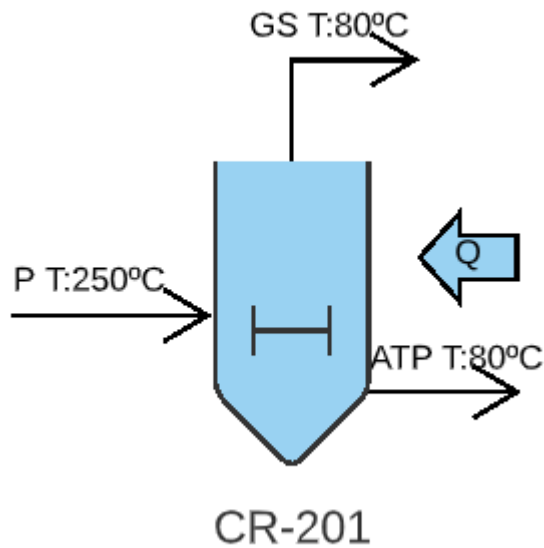
		Ácido Tereftalico	0,988			
<b>W</b>	143353	Agua	1		25	
<b>Calor de calentamiento Q+ (kcal/h)</b>					<b>3,47370E+07</b>	

### 7.3.2.2 *Cristalizador CR-201/02*

La operación consiste en someter al producto de salida del reactor de purificación a un descenso de temperatura de 200 a 80°C para así generar la formación de cristales del ácido.

Este balance se realiza mediante el simulador CHEMCAD v 7.

Se desprecian las perdidas por convección y radiación al ambiente.



Balance General:

$$H_P + H_{Rec} = H_{ATP} + H_{GS3} + Q_{enf}$$

$$Q_{enf} = 27004000 \text{ kcal /h}$$

$$Q_c = 9068 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{tot}} = 27013068 \text{ kcal/h}$$

Consideraciones:

- Se considera al sistema como un todo, por ende, se tiene en cuenta el calor de enfriamiento en el cristalizador y el calor de condensación para calcular el calor que se necesita eliminar.
- El cristalizador despresuriza al mismo tiempo que disminuye la temperatura del producto.

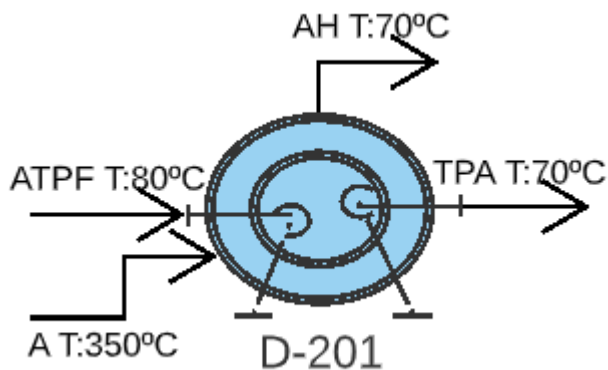
<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo CR-201/02 – Cristalizador</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>
<b>P</b>	168752,1	Hidrógeno	1,00E-05	1	250	80	16,99
		Agua	0,85				
		Ácido Tereftálico	0,15				
		Ácido 4-formilbenzoico	7,30E-06				
		Ácido p-toluico	0,00				
<b>Calor de Enfriamiento Q- (kcal/h)</b>					<b>2,70040E+07</b>		

### 7.3.2.3 Secador Rotatorio D-201

Una vez obtenido el ácido tereftálico puro, se procede a separarlo del líquido madre a través de una centrífuga y luego se elimina el resto de la humedad que poseen los cristales a través de un secador rotatorio.

En el secador se remueve el 60% de humedad que poseen los cristales obteniendo así la cantidad de agua asociada requerida.

Los cristales de TPA obtenidos tienen un 99% de pureza y un 1 % de humedad.



Balance de Energía

$$H_{ATPF1} + H_{A1} = H_{TPA} + H_{A2}$$

Siendo:

$H_{ATPF}$  = entalpía de la corriente ATPF de entrada

$H_{A2}$  = entalpía de la corriente de Aire a la entrada

$H_{TPA}$  = entalpía de la corriente TPA de salida

$H_{AH2}$  = entalpía de la corriente de Aire a la salida



Consideraciones:

- Se estima que existe una pérdida de calor de 10% de la entalpía del aire a la entrada, por ende,  $Q_{\text{perdido}} = 106970 \text{ kcal/h} \times 0,10 = 10697 \text{ kcal/h}$

<b>Balance parcial de energía</b>								
<b>Equipo D-201- Secador</b>								
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción molar</b>	<b>Presión (atm)</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol *°C)</b>	<b>Entalpía (kcal/h)</b>
<b>ATPF</b>	25723,24	Ácido Tereftálico	0,975	1	80	-	61,84	-3,4155E+07
		Agua	0,025					
<b>A2</b>	1350	Aire	1		350		7,27	1,0697E+05
<b>TPA</b>	25340	Ácido Tereftálico	0,9	1	-	70	66,81	-3,2874E+07
		Agua	0,1					
<b>AH2</b>	1720	Aire	0,8	1	-	70	7,44	-1,1742E+06
		Agua	0,2					
<b>Calor Transferido Q (kcal/h)</b>					<b>-3,4048E+07</b>			
<b>Calor Perdido Q (kcal/h)</b>					<b>10697</b>			

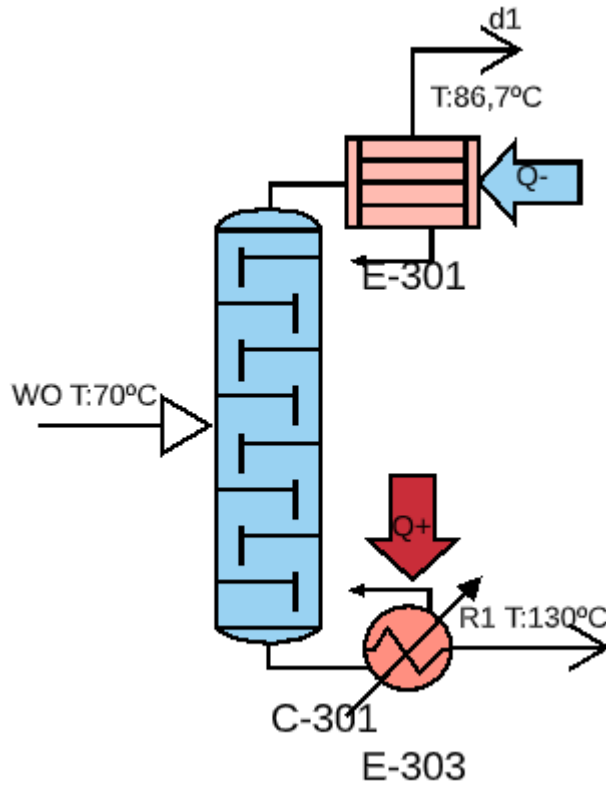
### 7.3.3 Etapa de Recuperación

#### 7.3.3.1 Columna de Destilación C-301

La purificación del licor madre se lleva a cabo a través de una destilación, para que de esta forma se elimine el agua sobrante la cual se lleva consigo el resto de las impurezas y del catalizador.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.

<b>Corriente</b>	<b>S</b>	<b>d1</b>	<b>R1</b>
<b>Temp. (°C)</b>	70	86,8	132
<b>Presión (atm)</b>	2	2	2
<b>Flujo (kg/h)</b>	54860,6	5771,56	49088,64



<b>Balance de Energía</b>	<b>de</b>	<b><math>Q_{wo} + Q_{reboilador} = Q_{d1} + Q_{R1} + Q_{condensador}</math></b>	
		<b><math>Q_T = Q_{d1} + Q_{R1} + Q_{condensador}</math></b>	
	QWO, Calor Sensible de la corriente WO	$m_{wo} \cdot C_{pwo} \cdot (T_{fwo} - T_{iwo})$	
	Qd1, Calor Sensible de la corriente d1	$M_{d1} \cdot C_{pd1} \cdot (T_{fd1} - T_{id1})$	
	QR1, Calor Sensible de la corriente R1	$m_{R1} \cdot C_{pR1} \cdot (T_{fR1} - T_{iR1})$	

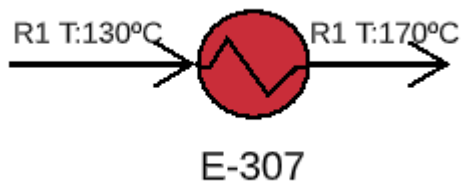
<b>Datos</b>	
Masa de la Corriente W0, mwo (kg/h)	54860,6
Calor Específico de la corriente WO, Cpwo (kcal/ kg. °C)	0,6137
Temperatura inicial de la corriente WO, Tiwo (°C)	70
Temperatura final de la corriente WO, Tfwo (°C)	86,7
Masa de la corriente d1, md1(kg/h)	5771,56
Calor Específico de la corriente d1, Cp <sub>d1</sub> (kcal/ kg. °C)	0,9318
Temperatura inicial de la corriente d1, Ti <sub>d1</sub> (°C)	70
Temperatura final de la corriente d1, Tf <sub>d1</sub> (°C)	86,7
Masa de la Corriente R1, m <sub>R1</sub> (kg/h)	49088,64
Calor Específico de la corriente R1, Cp <sub>R1</sub> (kcal/ kg. °C)	0,6558
Temperatura inicial de la corriente R1, Ti <sub>R1</sub> (°C)	70
Temperatura final de la corriente R1, Tf <sub>R1</sub> (°C)	132
Q Rehervidor E-303	-12917000
Q Condensador E-301	14866000
Calor liberado en la columna QT (kcal/h)	-10831263,94

Consideraciones:

- El licor madre ingresa a una temperatura de 70° C y a una presión de 2 atm.

7.3.3.2 Intercambiador E-307

Luego de la destilación, el residuo de la columna D-301 pasa por el intercambiador E-307 para ingresar a la segunda columna de destilación a una temperatura de 170°C.



Balance de Energía

$$H_{R1e} + H_{ae} = H_{R1s} + H_{as}$$

Siendo:

$H_{R1e}$  = entalpía de la corriente R1 de entrada

$H_{ae}$  = entalpía de la corriente de Agua a la entrada

$H_{R1s}$  = entalpía de la corriente R1 de salida

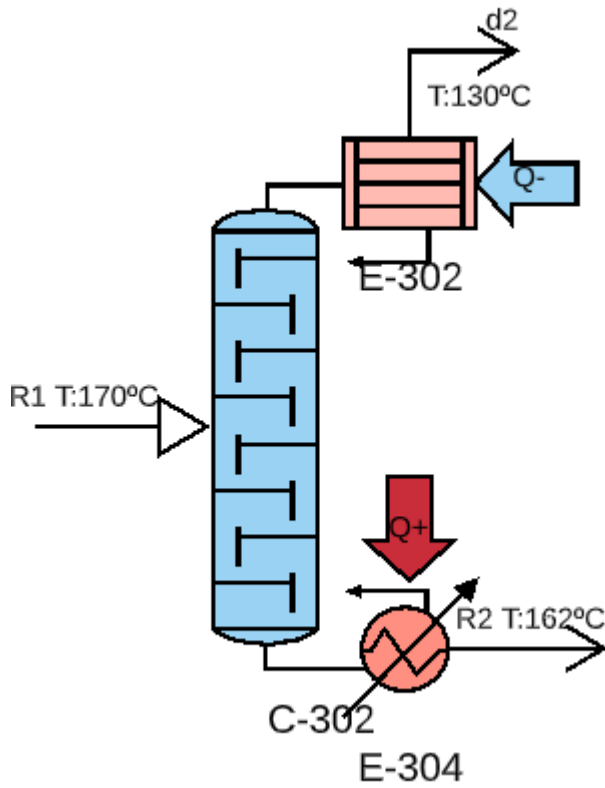
$H_{as}$  = entalpía de la corriente de Agua a la salida

<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo E-307 – Intercambiador</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión (atm)</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>
<b>R1</b>	49088,44	Ácido acético	0,0887	2	131,94	170	32,15
		p-xileno	0,0004				
		Acetato de Co	0,0112				
		Acetato de Mn	0,0002				
		Agua	9,60E-02				
<b>Calor de calentamiento Q+ (kcal/h)</b>					<b>7,32020E+06</b>		

### 7.3.3.3 Columna de Destilación C-302

El residuo de la primera columna es enviado a una segunda columna en donde lo que obtenemos en el destilado es el solvente al 90% listo para recircular mientras que como residuo sale parte del ácido acético junto con el catalizador para comenzar la etapa de recuperación del mismo.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.



Corriente	R1	d2	R2
Temp. (°C)	170	130	162,27
Presión (atm)	2	1	1
Flujo (kg/h)	49088,64	46869,19	2197,2

<b>Balance de Energía</b>	$Q_{R1} + Q_{\text{rehervidor}} = Q_{d1} + Q_{R2} + Q_{\text{condensador}}$	
	$Q_T = Q_{d2} + Q_{R1} + Q_{\text{condensador}}$	
	$Q_{R1}$ , Calor Sensible de la corriente R1	$M_{R1} \cdot C_{pR1} \cdot (T_{fR1} - T_{iR1})$
	$Q_{d2}$ , Calor Sensible de la corriente d2	$M_{d2} \cdot C_{pd2} \cdot (T_{fd2} - T_{id2})$
	$Q_{R2}$ , Calor Sensible de la corriente R2	$M_{R2} \cdot C_{pR2} \cdot (T_{fR2} - T_{iR2})$
<b>Datos</b>		
<b>Masa de la Corriente R1, <math>m_{R1}</math> (kg/h)</b>		49088,64
<b>Calor Específico de la corriente R1, <math>C_{pR1}</math> (kcal/ kg. °C)</b>		0,3528
<b>Temperatura inicial de la corriente R1, <math>T_{iR1}</math> (°C)</b>		170
<b>Temperatura final de la corriente R1, <math>T_{fR1}</math> (°C)</b>		130
<b>Masa de la corriente d2, <math>m_{d2}</math>(kg/h)</b>		46869,19
<b>Calor Específico de la corriente d2, <math>C_{pd2}</math> (kcal/ kg. °C)</b>		0,6612
<b>Temperatura inicial de la corriente d2, <math>T_{id2}</math> (°C)</b>		170
<b>Temperatura final de la corriente d2, <math>T_{fd2}</math> (°C)</b>		130
<b>Masa de la Corriente R2, <math>m_{R2}</math> (kg/h)</b>		2197,2



<b>Calor Específico de la corriente R2, <math>C_{pR2}</math> (kcal/ kg. °C)</b>	0,4892
<b>Temperatura inicial de la corriente R2, <math>T_{iR2}</math> (°C)</b>	170
<b>Temperatura final de la corriente R2, <math>T_{fR2}</math> (°C)</b>	162,27
<b>Q Rehervidor E-304</b>	709539
<b>Q Condensador E-302</b>	-8065000
<b>Calor liberado en la columna QT (kcal/h)</b>	<b>-85905400</b>

Consideraciones:

- El residuo de la primera columna ingresa a una temperatura de 170° C y a una presión de 2 atm.
- En la destilación se obtiene una solución de ácido acético al 90 %, por ende, es reciclada al reactor.
- En el residuo se obtiene una corriente que contiene los catalizadores a recuperar.

*7.3.3.4 Intercambiador E-305*

Una vez que se obtiene la corriente con el catalizador a recuperar, pasa a través de un intercambiador de calor para llevar a la misma de 162,27°C a 27 °C.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.



Balance de Energía

$$H_{R2e} + H_{ae} = H_{R2s} + H_{as}$$

Siendo:

$H_{R2e}$  = entalpía de la corriente R2 de entrada

$H_{ae}$  = entalpía de la corriente de Agua a la entrada

$H_{R2s}$  = entalpía de la corriente R2 de salida

$H_{as}$  = entalpía de la corriente de Agua a la salida

### Balance parcial de energía

#### Equipo E-305 – Intercambiador

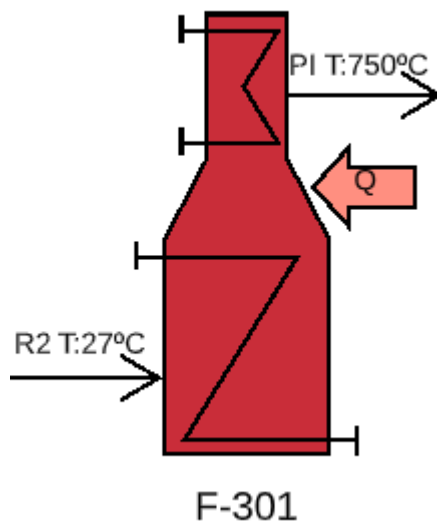
Corriente	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Presión (atm)	Temperatura entrada (°C)	Temperatura salida (°C)	Cp. (kcal/kmol*°C)
<b>R2</b>	2197,2	Ácido acético	0,64	2	162,27	27	28,96

		Acetato de Co	0,35				
		Acetato de Mg	0,01				
<b>Calor de Enfriamiento Q- (kcal/h)</b>				<b>-1,07119E+05</b>			

### 7.3.3.5 Incinerador F-301

La incineración se lleva a cabo a una temperatura de 750°C, de esta forma se obtienen los óxidos necesarios para la recuperación del catalizador.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.



<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo F-301 – Incinerador</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión (atm)</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kg * °C)</b>
<b>R2</b>	2197,2	Ácido acético	0,64	1	27	750	21,35
		Acetato de Co	0,35				
		Acetato de Mg	0,01				
<b>Calor Suministrado Q+ (kcal/h)</b>					<b>6,59579E+05</b>		
<b>Pérdidas de Energía (10%)</b>					<b>6,59579E+04</b>		

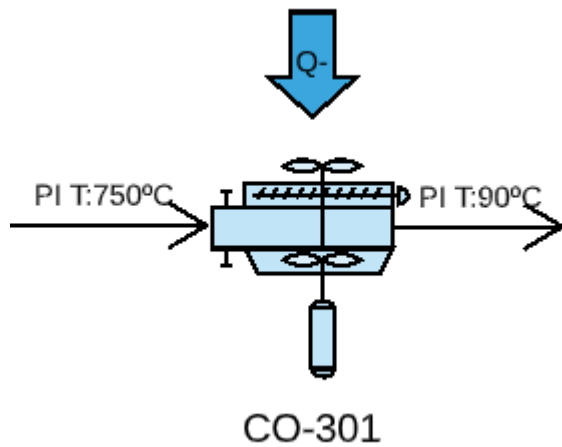
Consideraciones:

- La pirolisis del acetato de cobalto y el acetato de manganeso en ausencia de oxígeno se lleva a cabo a una presión de 1atm.
- A una temperatura mayor de 440°C se genera la incineración del ácido acético.

### 7.3.3.6 Aero enfriador CO-301

Las cenizas junto con la arena de pirolisis pasan a través de un Aero enfriador una vez que salen del incinerador para disminuir su temperatura a 90°C.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.



Balance de Energía

$$H_{PIe} + H_{A2e} = H_{PIs} + H_{A2s}$$

Siendo:

$H_{PIe}$  = entalpía de la corriente S3 de entrada

$H_{A2e}$  = entalpía de la corriente de Aire a la entrada

$H_{PIs}$  = entalpía de la corriente S3 de salida

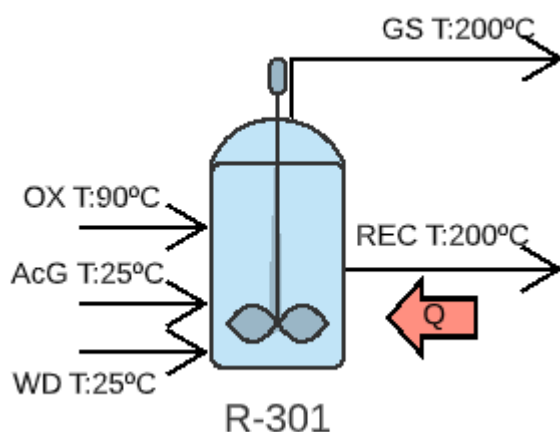
$H_{A2s}$  = entalpía de la corriente de Aire a la salida

<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo CO-301 – Aero enfriador</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión (atm)</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>
<b>PI</b>	2196,99	Vapor de Agua	0,0777	1	750	90	50
		Hidrógeno	0,0116				
		CO <sub>2</sub>	0,4693				
		CO	0,1617				
		CH <sub>4</sub>	0,1710				
		CoO	0,1067				
		MnO <sub>2</sub>	0,0018				
<b>Calor de Enfriamiento Q- (kcal/h)</b>					<b>-5,89839E+05</b>		

### 7.3.3.7 Reactor de recuperación del catalizador R-301

Se lleva a cabo la recuperación del catalizador a una temperatura de 200°C y a una presión de 9 atm obteniéndose un rendimiento de recuperación de 98.8% para el cobalto y de 100% para el manganeso.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.

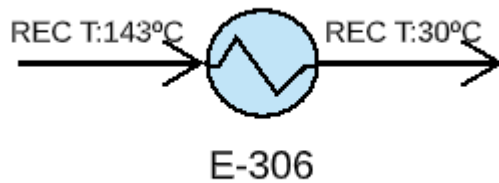


Balance parcial de componentes (9 atm)										
Equipo R-03- Reactor de recuperación de catalizador										
Corriente	Entrada/Salida	Denominación	Masa total (kg)	Componente	Fracción másica	Masa (kg)	Cp. (kcal/Kmol*°C)	Temperatura entrada (°C)	Temperatura salida (°C)	Presión entrada y de reactor
Ox	Entrada	Óxidos	300	CoO	0,78	234,53	75,62	90	200	9 atm
		MnO2		0,01	4,08					
		Arena de Pirólisis		1	61,4					
AcG	Entrada	Ácido acético glacial	3000	Ácido acético glacial	1	3000	30,75	25	200	9 atm
WD	Entrada	Agua de Dilución	461,64	Agua	1	461,64	18,00	25		
REC	Salida	Recuperación de Catalizador	3761,29	Acetato de cobalto tetrah.	0,207	779,68	42	200		
GS5	Salida	Gases de salida	1,316	Acetato de manganeso tetrah.	0,003	11,59				
				Ac. Acético	0,696	2617,95				
				Arena de pirólisis	0,016	61,4				
				Agua	0,077	290,67				
				CO	1	1,316				
Calor necesitado por la reacción Qrxn (Kcal/hr)							603744			

### 7.3.3.8 Intercambiador E-306

La corriente que sale del R-301 pasa a través de un intercambiador de calor antes de pasar por el decantador centrífugo y ser reciclada a la alimentación para disminuir la temperatura a 30°C.

El cálculo del balance de energía es realizado en CHEMCAD v7.



Balance de Energía

$$H_{RECE} + H_{ae} = H_{RECS} + H_{as}$$

Siendo:

$H_{RECE}$  = entalpía de la corriente R2 de entrada

$H_{ae}$  = entalpía de la corriente de Agua a la entrada

$H_{RECS}$  = entalpía de la corriente R2 de salida

$H_{as}$  = entalpía de la corriente de Agua a la salida



<b>Balance parcial de energía</b>							
<b>Equipo E-306 - Intercambiador</b>							
<b>Corriente</b>	<b>Masa total (kg)</b>	<b>Componente</b>	<b>Fracción másica</b>	<b>Presión entrada (atm)</b>	<b>Temperatura entrada (°C)</b>	<b>Temperatura salida (°C)</b>	<b>Cp. (kcal/kmol*°C)</b>
<b>REC</b>	3761,29	Ácido acético	0,696	2	143	30	47
		Arena de pirolisis	0,016				
		Acetato de Co	0,21				
		Acetato de Mn	0,003				
		Agua	7,70E-02				
<b>Calor de Enfriamiento Q (kcal/h)</b>					<b>-6,69056E+06</b>		

## **Capítulo VIII**

### **8 DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS**

## 8.1 Introducción

En el siguiente capítulo, se desarrollan los cálculos para el diseño de los equipos necesarios para la instalación de la planta de producción de ácido tereftálico. Los mismos fueron realizados en base a lo anteriormente expresado en el capítulo de balance de masa y energía. En algunos casos se realizó la adopción del equipo disponible en el mercado que mejor se adapte a los requerimientos establecidos.

### IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS

SECCIÓN 100	<i>Etapa de Oxidación</i>	
SECCIÓN 200	<i>Etapa de Purificación</i>	
SECCIÓN 300	<i>Etapa de Recuperación</i>	
DENOMINACIÓN	<b>Equipo</b>	<b>Diseña o adopta</b>
<i>R-101</i>	Reactor de Oxidación	Diseño
<i>R-201</i>	Reactor de Purificación	Diseño
<i>R-301</i>	Reactor de Recuperación de Catalizador	Diseño
<i>T-101</i>	Tanque almac. P-xileno	Diseño
<i>T-102</i>	Tanque almac. Ac. Acético	Diseño
<i>T-103</i>	Taque almac. Ac. Bromhídr.	Diseño
<i>T-104</i>	Tanque almac. Acetato de Co	Diseño
<i>T-105</i>	Tanque almac. Acetato de Mn	Diseño
<i>T-106</i>	Tanque Agua para reacción	Diseño
<i>T-107</i>	Tanque de Mezcla de MP	Diseño

<i>T-108</i>	Tanque de almac. TPA crudo	Diseño
<i>T-201</i>	Tanque de Dilución de Cristales	Diseño
<i>T-301</i>	Tanque de Ácido Acético Glacial	Diseño
<i>SV-201</i>	Tanque esférico almac. H2	Diseño
<i>CR-101</i>	Cristalizador	Diseño
<i>CR-102</i>	Cristalizador	Diseño
<i>CR-103</i>	Cristalizador	Diseño
<i>CR-201</i>	Cristalizador	Diseño
<i>CR-202</i>	Cristalizador	Diseño
<i>E-101</i>	Condensador R-101	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-102</i>	Condensador CR-101	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-103</i>	Condensador CR-102	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-104</i>	Condensador CR-103	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-301</i>	Condensador C-301	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-302</i>	Condensador C-302	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-303</i>	Reboiler C-301	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-304</i>	Reboiler C-302	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-305</i>	Intercambiador	Diseño ChemCad 7.0
<i>E-306</i>	Intercambiador	Diseño ChemCad 7.0

<i>CO-301</i>	Aeroenfriador	Diseño ChemCad 7.0
<i>D-101</i>	Secador Rotatorio	Dimensionamiento y adopción
<i>D-201</i>	Secador Rotatorio	Dimensionamiento y adopción
<i>S-101</i>	Decantador Centrífugo	Dimensionamiento y adopción
<i>S-201</i>	Decantador Centrífugo	Dimensionamiento y adopción
<i>S-301</i>	Decantador Centrífugo	Dimensionamiento y adopción
<i>SL-201</i>	Silo de TPA	Diseño
<i>C-301</i>	Columna de Destilación 1	Diseño ChemCad 7.0
<i>C-302</i>	Columna de Destilación 2	Diseño ChemCad 7.0
<i>F-301</i>	Incinerador	Dimensionamiento y adopción
<i>FIL-301</i>	Filtro de Mangas	Dimensionamiento y adopción
<i>CG-301</i>	<del>Columna lavadora de gases</del> Columna lavadora de gases	Dimensionamiento y adopción
<i>K-01</i>	Compresor de Hidrógeno	Dimensionamiento y adopción
<i>K-02</i>	Compresor de Oxígeno	Dimensionamiento y adopción
<i>K-03</i>	Compresor de Aire	Dimensionamiento y adopción
<i>G-01</i>	Generador de aire caliente para S-101	Dimensionamiento y adopción
<i>G-02</i>	Generador de aire caliente para S-201	Dimensionamiento y adopción

Tabla 30: Referencia de equipos

## 8.2 Etapa de oxidación

### 8.2.1 Reactor de oxidación (R-101)

La reacción de oxidación para la obtención de ácido tereftálico bruto es llevada a cabo en un reactor continuo tanque agitado multifásico alimentado con una corriente descendente de una mezcla de p-xileno, ácido acético y una solución de catalizador. El medio de reacción es agitado por la introducción de aire desde el fondo y por un agitador.

La acción corrosiva del bromuro y del ácido orgánico sobre el acero al carbono, hace necesario el uso de equipos de aceros inoxidable especiales, tanto para el reactor como para ciertas partes de los equipos de proceso, particularmente los de recuperación de calor.

La temperatura y el contenido de oxígeno en el medio de reacción, debe ser controlado para prevenir la formación de productos indeseables.

El calor de reacción es removido por la vaporización de parte de los compuestos que forman el medio de reacción (ácido acético, p-xileno y agua), por la condensación, reflujo al reactor y por una chaqueta de enfriamiento.

El tiempo de residencia en el reactor es aproximadamente una hora, y el rendimiento es mayor a 95% molar.

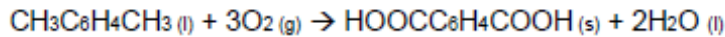
#### *8.2.1.1 Definición del régimen de la reacción*

En el reactor coexisten las fases gaseosa, líquida y sólida, por lo tanto, se debe considerar una interfase que separa los reactivos, una fase gaseosa que contiene el oxígeno y una fase líquida que contiene el p-xileno. Bajo estas condiciones se debe considerar los fenómenos de transporte de materia y solubilidad de estos reactivos en las respectivas fases.

La reacción ocurre en la fase líquida, por tanto, se debe pensar en un flujo neto de oxígeno en la fase gaseosa hacia la interfase y el seno del líquido donde se encuentra el p-xileno, de

igual manera se podría esperar un flujo neto de p-xileno, desde el seno de líquido hacia la interfase.

La reacción queda representada por la siguiente ecuación



Se destacan 4 regímenes de reacción en un reactor multifásico (Líquido-Gas), según el lugar físico donde ocurre la reacción.

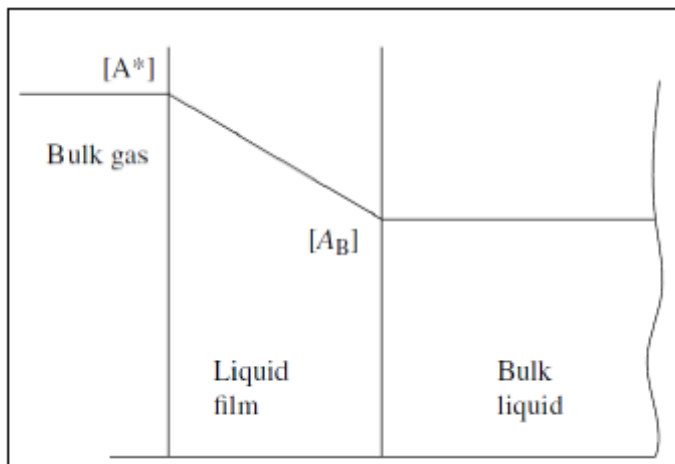


Ilustración 50: Regímenes de reacción

A pesar de que la película gaseosa también se considera una resistencia, en este caso en particular se desprecia frente a la lentitud de la reacción y la resistencia de la película líquida.

Los regímenes de reacción principales se detallan a continuación:

- Régimen A: Reacción extremadamente lenta que ocurre sólo en el seno del líquido.
- Régimen B: Reacción controlado por difusión junto a una velocidad de reacción lenta.
- Régimen C: Reacción rápida ocurre en la capa difusional.
- Régimen D: Reacción instantánea.

Se calcula el valor del módulo de *Hatta* el cual compara la velocidad intrínseca de la reacción química con la velocidad de difusión a través de la película.

Por lo tanto, según el valor del módulo se determinará el régimen de reacción, presentados en forma general 3 casos.

- Reacción Lenta:  $Hatta < 0,3$ .
- Reacción Intermedio:  $0,3 < Hatta < 5$ .
- Reacción Rápida:  $Hatta > 5$ .

La ecuación de este depende principalmente del orden de reacción.

Por estudios realizados acerca de esta reacción de oxidación, se supone una reacción de pseudo primer orden, por lo que se puede suponer una independencia de la concentración de p-xileno.

$$\text{Módulo de Hatta} = \frac{\sqrt{V_A \cdot k_1 \cdot D_A}}{K_{AL}}$$

Para este sistema se tienen los siguientes parámetros:

$$VA=3$$

$$k1=0,0333 \text{ l/min}$$

$$DA=1,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$KAL=0,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s y } 4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$Ha=0,049$$

Al obtener un valor  $< 0,3$ , el régimen de la reacción será lento por lo tanto la misma ocurrirá en el seno del líquido.



### 8.2.1.2 Elección del tipo de reactor

En la elección del tipo de reactor más efectivo para llevar a cabo este tipo de reacción se deben tener en cuenta las características de esta cinética y las características de los reactores a considerar.

Los aspectos más importantes para la selección del tipo de reactor son:

- Área Interfacial: Por unidad de volumen de reactor,  $a$  ( $m^2/m^3$ ).
- Fracción de líquido: retenido en el mismo,  $\epsilon_L$  ( $m^3/m^3$ ).

<i>Tipo de Contactor</i>	<i>Área interfacial</i> <i>Volumen de película</i>	<i>a</i> <i>(m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</i>	<i>ε<sub>L</sub></i> <i>(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Volumen de líquido</i> <i>Volumen de película</i>
Torre de Lluvia	↑ 1200	↓ 10-100, 60	↓ 0.05	↓ 2-10
Torre de Relleno	↑ 1200	↓ 10-350, 100	↓ 0.08	↓ 10-100
Torre de Platos	↑ 1000	↓ 100-200, 150	↓ 0.15	↓ 40-100
Torre de Pared Mojada	↑ 1000	↓ 10-100, 50	↓ 0.05	↓ 10-50
Torre de Burbujeo	↑ 200	↓ 50-600, 200	↓ 0.90	↓ 150-800
Tanque Agitado	↑ 20	↓ 100-2000, 200	↓ 0.98	↓ 4000-10000

Ilustración 51 : Tipos de reactores y sus características

<i>Tipo de Contactor</i>	<i>k<sub>G</sub> · 10<sup>-4</sup></i> <i>(mol/m<sup>3</sup> · s · bar)</i>	<i>(k<sub>G</sub> · a) 10<sup>2</sup></i> <i>(s<sup>-1</sup>)</i>	<i>k<sub>L</sub> · 10<sup>4</sup></i> <i>(m/s)</i>	<i>(k<sub>L</sub> · a) 10<sup>2</sup></i> <i>(s<sup>-1</sup>)</i>
Torre de Lluvia	0,5-2	0,05-2	0,7-1,5	0,07-1,5
Torre de Relleno	0,03-2	0,003-51	0,4-2	0,04-102
Torre de Platos	0,5-6	0,5-12	1-20	1-40
Torre de Pared Mojada	0,5-2	0,5-160	2-5	2-100
Torre de Burbujeo	0,5-2	0,25-12	1-4	0,5-24
Tanque Agitado	-	-	0,3-4	0,3-80

Ilustración 52: Coeficientes de Transferencia

### Características de las reacciones Gas-Líquido

Caso	Tipo de Reacción	$a$ ( $m^2/m^3$ )	$\epsilon_L$	Tipo de reactor
A	Instantánea	alta	bajo	Torre de relleno
B	Instantánea superficial	alta	Baja	Torre de relleno
C	Rápida de 2º orden	alta	Baja	Torre de relleno
D	Rápida de pseudo-1º orden	alta	baja	Torre de relleno
E	Intermedia, 2º orden	alta	alta	Tanque agitado
F	Intermedia, pseudo-1º orden	alta	alta	Tanque agitado
G	Lenta, Pseudo-1º orden	baja	alta	Torre de burbujeo
H	Muy lenta	baja	alta	Torre de burbujeo

Ilustración 53: Tipos de reactor según tipo de reacción

Dada las condiciones de reacción y las características de esta, se selecciona un reactor tipo tanque agitado (CSTR).

#### 8.2.1.3 Reactor tipo tanque agitado R-101

La suposición más importante en la utilización de un reactor tipo tanque agitado es que las fases circulan en mezcla perfecta.

La principal función del agitador es provocar un rápido movimiento circulatorio en el líquido logrando así que esta suposición sea razonable.

Si la velocidad de circulación del líquido es lo suficientemente intenso las burbujas de gas son arrastradas con el líquido y recirculadas al fondo del tanque, donde se encuentra el agitador.

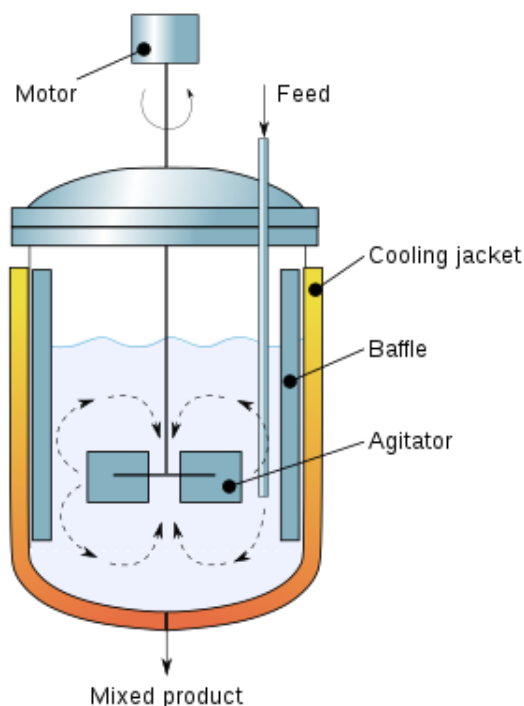


Ilustración 54: Representación de un Reactor Tanque Agitado

En los agitadores se forman “cavidades” de gas detrás de las palas del agitador. Las burbujas de gas fresco que entra al tanque a través del dispersor y las burbujas recirculadas se juntan en estas cavidades donde son re dispersadas hacia los vórtices altamente turbulentos generados en las palas del agitador. Cuando las burbujas de gas ascienden por el agitador algunas de ellas se salen del líquido hacia el volumen de gas que queda en la parte superior del tanque, saliendo al mismo posteriormente.

Por último, una suposición adicional es que en un tanque agitado la resistencia de la fase gaseosa es despreciable frente a la resistencia de la fase líquida. La ecuación de velocidad de reacción tiene en cuenta las resistencias de las películas de gas y líquido.

La suposición de que el gas circula en mezcla perfecta implica que la corriente del gas de salida del tanque de tiene la misma composición que el gas retenido en el interior de este.

### 8.2.1.3.1 Cálculo de las dimensiones del reactor

De acuerdo a la reacción de pseudo primer orden y a la ecuación de diseño de un CSTR, se puede calcular el volumen del reactor.

Teniendo en cuenta el caudal másico de entrada del reactivo p-xileno  $Q_A = 16562$  kg/h y que la densidad de este es  $d_A = 861$  kg/m<sup>3</sup> se obtiene un caudal volumétrico:

$$Q_{vA} = 20 \text{ m}^3$$

Para un tiempo de residencia de 1,5 h (90 minutos) se obtiene que la velocidad de reacción es:

$$K = 1/\theta \times \ln(1/(1-X_a))$$

$$K = 0,0333 \text{ 1/min}$$

$$V_A = (Q_A \theta X_a) / K(1-X_a)$$

$$V_A = 190,19 \text{ m}^3$$

*Factor de seguridad 20%*

$$V_I = 228,22 \text{ m}^3$$

*Manejando un nivel de operación de 80 %*

$$V_R = 285,28 \text{ m}^3$$

$$V_R = 290 \text{ m}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO	
<b>RELACIÓN DE ESBELTEZ</b>	$E=1,5= H/D$ Se toma este valor para que no se genere un régimen de flujo pistón
<b>ECUACIÓN DE DISEÑO</b>	$V= ((\pi* Dt^2)/4) *H$
Diámetro 6,5 m	
Altura 9,5 m	

Tabla 31

Para el cálculo del espesor mínimo se debe tener en cuenta la ecuación del Estrada, 2001.

$$t= PxD/ (2xSxE-0,6xP)$$

Dónde

$$P= 279 \text{ psi}$$

$$D= \text{diámetro interno del reactor}= 6,5 \text{ m}$$

$$S = \text{Máximo nivel de presión permitida}= 1197 \text{ kg/cm}^2 - 17000 \text{ psi}$$

$$E = \text{Eficiencia} = 0,85$$

$$t= 2,49 \text{ plg} = \mathbf{63mm}$$

$$D_{ext} = D + 2t$$

$$D_{ext} = 6,63 \text{ m} \quad D_R/t= 99,49$$

$$H_R + 2a / D_R = 1,69$$

De la figura 7.5 del código ASME, sección 8, división 1

$$A = 0,00052$$

$$E = 28000000$$

$$PA: P_{\text{máxvacío}} = 2 (AE) / 3(D_R/t)$$

$$PA = 97,56 \text{ psi}$$

Dado que  $P_{\text{tvacío}} = 14,22 \text{ psi}$  •  $PA > P_{\text{tvacío}}$  el espesor calculado es adecuado para manejar la presión, y por lo tanto no requiere anillos de reforzamiento.

***Especificaciones Generales***

<i>Presión de diseño:</i>	25 atm
<i>Temperatura de diseño</i>	230 °C
<i>Tensión del acero:</i>	450
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,85
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Temperatura de trabajo</i>	200 °C
<i>Temperatura de diseño</i>	230 °C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	19 atm
<i>Presión diseño</i>	25 atm

<i>Tapa</i>	semiesférica
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Espesor cilindro</i>	63 m

Tabla 32

### 8.2.1.3.2 Diseño del agitador

El tipo de agitador seleccionado es el tipo turbina de disco con flujo radial debido a las siguientes razones:

- Aplicable en un amplio rango de viscosidades
- Produce corrientes internas que se distribuyen por todo el tanque rompiendo las masas de líquido estanco
- Es aplicable para dispersar un gas en un líquido, el gas puede ingresar por debajo del eje del rodete de manera de dispersar el gas en muchas burbujas finas

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	9,5	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da	2,17 m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	2,17 m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,43 m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W	0,43 m
<i>Ancho de los deflectores</i>	J/Dt=0,1	J	0,65 m

Tabla 33

Para un régimen turbulento en el interior del reactor, se determina la potencia necesaria utilizando la ecuación siguiente:

$$P/V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu}) \quad (\text{Brown, 1955})$$

**Potencia del agitador**

$\mu$	0,000672	lb/ft. s
$C$	0,033	
$PE$	1017,7	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,3694251	
$VL$	230	m <sup>3</sup>
$P$	84,97	CV
$Da$	2,16	m
$pe$	1,017	
$Kt$	6,3	
$gc$	9,81	kg.m/kgf.s
$n$	<b>140</b>	<b>rpm</b>

Tabla 34

Para  $Re > 10000$  como en este caso, la función de potencia es independiente del  $Nre$  y la viscosidad deja de ser un factor. Por lo que para flujos completamente turbulentos se calcula la velocidad del agitador ( $n$ ) con la siguiente ecuación:

$$P = Kt \cdot \eta^3 \cdot Da^5 \rho gc$$



<i>Revoluciones por segundo</i>	2,31
<i>Densidad</i>	860 kg/m <sup>3</sup>
<i>Número de Reynolds</i>	8,68
<i>Número de Potencia</i>	5
<i>Potencia</i>	85 CV

Tabla 35

### 8.2.1.3.3 Adopción de motor para el agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, posee una alta resistencia a la corrosión y tiene alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 85 CV y la necesaria para el moto reductor es de 10 CV se adopta un motor de 100 CV.

#### *Características*

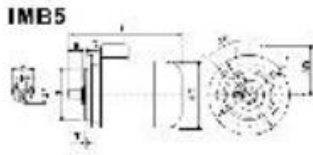
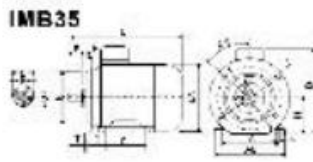
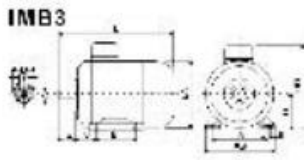
- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP
- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355

- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC
- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión
- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Y2-355M-2	250	340	380	433	2990	95.2	0.92	1.6	7.0	2.2
Y2-355L-2	315	430	380	544	2990	95.4	0.92	1.6	7.1	2.2
<b>1500 RPM (4 polos)</b>										
Y2-631-4	0.12	0.16	380	0.44	1400	57	0.72	2.2	4.5	2.2
Y2-632-4	0.18	0.25	380	0.62	1400	60	0.73	2.2	4.5	2.2
Y2-711-4	0.25	0.33	380	0.79	1400	65	0.74	2.2	5.5	2.2
Y2-712-4	0.37	0.5	380	1.12	1400	67	0.75	2.2	5.5	2.2
Y2-801-4	0.55	0.75	380	1.6	1400	71	0.75	2.2	5.5	2.2
Y2-802-4	0.75	1	380	2.0	1400	73	0.77	2.2	6.0	2.2
Y2-905-4	1.1	1.5	380	2.9	1400	75	0.77	2.2	6.0	2.2
Y2-90L-4	1.5	2	380	3.7	1400	78	0.79	2.2	6.0	2.2
Y2-100L1-4	2.2	3	380	5.1	1420	80	0.81	2.2	7.0	2.2
Y2-100L2-4	3.0	4	380	6.8	1420	82	0.82	2.2	7.0	2.2
Y2-112M-4	4.0	5.5	380	8.8	1440	84	0.82	2.2	7.0	2.2
Y2-132S-4	5.5	7.5	380	11.8	1440	85	0.83	2.2	7.0	2.2
Y2-132M-4	7.5	10	380	15.5	1440	87	0.84	2.0	7.0	2.0
Y2-160M-4	11.0	15	380	22.3	1460	88	0.85	2.0	7.0	2.2
Y2-160L-4	15.0	20	380	30	1460	89	0.85	2.0	7.0	2.2
Y2-180M-4	18.5	25	380	36.4	1470	90.5	0.85	2.2	7.5	2.2
Y2-180L-4	22.0	30	380	43.1	1470	91	0.85	2.2	7.5	2.2
Y2-200L-4	30.0	40	380	57.4	1470	92	0.86	2.2	7.5	2.2
Y2-225S-4	37.0	50	380	69.9	1480	92.5	0.87	2.2	7.5	2.2
Y2-225M-4	45.0	60	380	84.7	1480	92.8	0.87	2.2	7.5	2.2
Y2-280S-4	55	75	380	100	1480	93.0	0.87	2.2	7.0	2.2
Y2-280S-4	75	100	380	140	1480	93.8	0.86	2.2	7.0	2.2
Y2-280M-4	90	125	380	167	1490	94.2	0.86	2.2	7.0	2.2
Y2-315S-4	110	150	380	201	1490	94.5	0.87	2.1	6.9	2.2
Y2-315M-4	132	180	380	240	1490	94.8	0.87	2.1	6.9	2.2
Y2-315L1-4	160	220	380	287	1490	94.9	0.88	2.1	6.9	2.2
Y2-315L2-4	200	270	380	359	1490	95.0	0.88	2.3	6.9	2.2
Y2-355M-4	250	340	380	443	1485	95.3	0.88	2.3	6.8	2.2
Y2-355L-4	315	430	380	556	1485	95.6	0.89	2.2	6.9	2.2

Ilustración 55: Tipos de Motores

## MONTAJE Y DIMENSIONES



Carcasa	Polos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-6	620222C3	620222C3
80	2-8	620422C3	620422C3
90	2-8	620522C3	620522C3
100	2-8	620622C3	620622C3
112	2-8	630622C3	630322C3
132	2-8	630822C3	630822C3
160	2	630922C3	630922C3
180	2		
	4-8	6311C3	6311C3
200	2		
	4-8	6312C3	6312C3
225	2		
	4-8	6313C3	6313C3
250	2		
	4-8	6314C3	6314C3
280	2	6314C3	6314C3
	4-8	6317C3	6317C3
315	2	6317C3	6317C3
	4-10	MJ319C3	6319C3
355	2	6319C3	6319C3
	4-10	MJ322C3	6322C3

Carcasa	Polos	Dimensiones Montajes														Dimensiones Brida										
		A	A/2	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R*	S	T	Agujeros A8	AC	AD	HD	L	DH			
63	FF115	2, 4	100	50	80	40	11	23	4	8,5	63	115	95	140						135	130	70	180	230	M6x12	
71	FF130	2, 4, 6	112	56	90	45	14	30	5	11	71	7	130	110	160					150	145	80	195	255	M6x12	
80			125	62,2	100	50	19	40	6	15,5	80									165	175	145	220	295	M6x16	
90S	FF165		140	70	100	56	24	50		20	90	10	165	130	200					180	195	155	250	320	M8x19	
90L			160	80	125	63		60		24	100		215	180	250					205	215	180	270	385		
100L	FF215		190	95	140	70	28	60			112									230	240	190	300	400	M10x22	
112M			216	108	140	89	38	80	10	33	132		265	230	300					270	275	210	345	510	M12x28	
132S	FF265	2, 4, 6, 8	254	127	178	108	42		12	37	160									320	330	255	420	670		
160M			279	139,5	210	121	48	110				15	300	250	350					355	380	280	455	700	M16x36	
160L	FF300		279		254																				740	
180M			318	159	241	121	48		14	42,5	180									395	420	305	505	770		
200L	FF350		356	178	286	60	140		16	49	200		350	300	400	0				435	470	335	560	820		
225S		4, 8										19	400	350	450				19	5					815	
225M	FF400	2	356	178	311	149	55	110	16	49	225									435	470	335	560	820		
250M		4, 6, 8																							845	
		2	406	203	349	168					53										490	510	370	615	910	
280S		4, 6, 8																							985	
	FF500	2	457	228,5	368	190					58		24	500	450	550									1035	M20x42
280M		4, 6, 8																			550	580	410	680		
		2			419	75					20	67,5													1160	
315S		4, 6, 8, 10			406	65					18														1270	
		2				80	170				22	71								8					1190	
315M		4, 6, 8, 10				65	140				18	58									365	645	530	845	1300	
	FF600	2	508	254	457	216					22	71	315		600	550	660								1300	
315L		4, 6, 8, 10			508	65	140				18	58													1190	
		2				80	170				22	71		28							24	6			1300	
355M		4, 6, 8, 10				75	140				20	67,5													1500	
	FF740	2	610	305	560						25	86													1530	
355L		4, 6, 8, 10				75	140				20	67,5		355	740	680	800				730	710	655	1010	1500	
		2			630	95	170				25	86													1530	

Ilustración 56: Dimensiones del motor

### 8.2.1.3.4 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cual reduce de 1400 revoluciones por minuto que posee el motor a las 138 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

**TABLA DE POTÊNCIAS**

MODELO	RED	T máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					$\eta$
			Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GC 45/2R	7,24	820	15,00	11,00	431,00	234,95	1,65	10,00	7,50	349,00	193,49	2,00	10,00	7,50	424,00	158,94	1,70	96%
	7,64	820	15,00	11,00	455,00	222,44	1,60	10,00	7,50	368,00	183,18	1,90	10,00	7,50	448,00	150,47	1,60	96%
	8,24	820	15,00	11,00	508,00	199,04	1,40	10,00	7,50	412,00	163,71	1,70	10,00	7,50	501,00	134,64	1,45	96%
	10,15	820	15,00	11,00	604,00	167,52	1,20	10,00	7,50	490,00	137,96	1,40	10,00	7,50	595,00	113,32	1,20	96%
	12,17	820	15,00	11,00	725,00	139,84	1,00	10,00	7,50	595,00	113,66	1,20	10,00	7,50	714,00	94,56	1,00	96%
	14,81	820	12,50	9,20	734,00	114,81	1,10	7,50	5,50	530,00	94,55	1,55	7,50	5,50	651,00	77,66	1,25	96%
	17,05	820	10,00	7,50	677,00	99,70	1,20	7,50	5,50	610,00	82,11	1,35	7,50	5,50	750,00	67,44	1,10	96%
	19,86	820	10,00	7,50	787,00	85,62	1,05	6,00	4,50	570,00	70,51	1,45	6,00	4,50	699,00	57,92	1,15	96%
	22,17	820	7,50	5,50	658,00	76,67	1,25	6,00	4,50	635,00	63,14	1,30	6,00	4,50	780,00	51,87	1,05	96%
	25,85	820	7,50	5,50	745,00	65,77	1,10	5,50	4,00	660,00	54,17	1,25	5,00	3,70	750,00	44,49	1,10	96%
	28,08	820	6,00	4,50	668,00	60,55	1,20	5,50	4,00	743,00	49,86	1,10	5,00	3,70	823,00	40,96	1,00	96%
	30,65	820	6,00	4,50	729,00	55,46	1,10	4,00	3,00	591,00	45,68	1,40	4,00	3,00	719,00	37,52	1,15	96%
	33,65	820	6,00	4,50	801,00	50,51	1,00	4,00	3,00	635,00	41,60	1,30	4,00	3,00	790,00	34,17	1,05	96%
	35,06	820	6,00	4,50	817,00	48,48	1,00	4,00	3,00	662,00	39,93	1,25	4,00	3,00	820,00	32,80	1,00	94%

Ilustración 57: Tipos de moto reductor

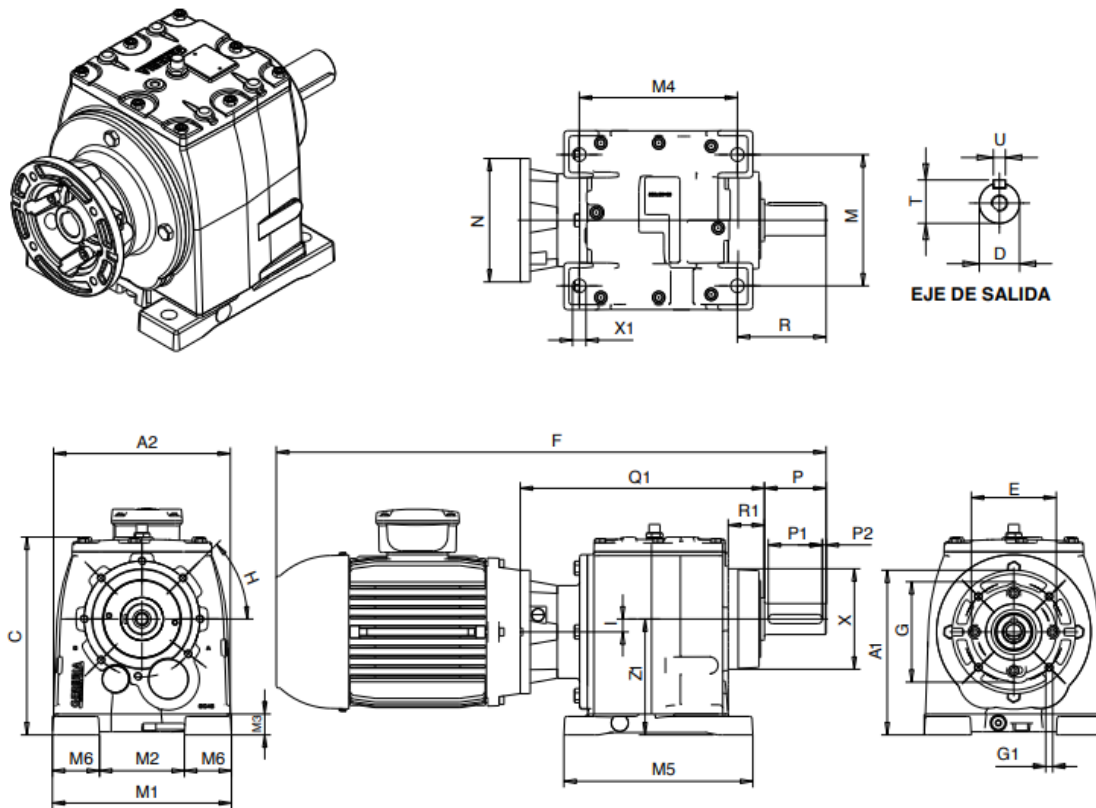


Ilustración 59: Montaje y dimensiones del moto reductor

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>6</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1				
GC 15	C63B14	129,45	141	162	20	60	410,8	75	5,8	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	90	40	30	5	178,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90				
	C71B14	136,95				70	439,5	85	6,5										105				179,5											
	C80B14	144,45				80	466	100	6,5										120				190											
GC 25	C63B14	149,2	168	183,5	25	60	456,55	75	5,8	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	105	50	40	5	214,25	81	20	28	8	68	9	110				
	C71B14	156,7				70	485,25	85	6,5														120								215,25			
	C80B14	164,2				80	509,25	100	6,5														120								223,25			
	C90B14	174,2				95	553,75	115	8,5														140								224,25			
GC 35	C71B14	150,5	174	195	30*	514,5	85	6,5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	105	60	50	5	234,5	90,5	38,5	33	8	100	13,5	120					
					30*	524,5	70	55											100,5	38		10												
					35	540,5	80	55											100,5	33		8												
	C80B14	158			30*	550,5	100	6,5											120	244,5		70								55	244,5	100,5	38	10
	C90B14	168			30*	574	115	8,5											140	244,5		60								50	244,5	90,5	33	8
					35	594	70	55											100,5	38		10												
C100B14			178	30*	650,6	130	8,5	160	274,5	60	50	274,5	90,5	33	8																			
C112B14	178	35	660,6	100,5	38	10																												
GC 45	C80B14	193,25	229,2	256	30*	606,3	100	6,5	*	16,75	170	232	110	27	205	245	61	120	70	55	7,5	296,5	105	47	38	10	130	17,5	150					
					35*	612,5	80	5											115	43		12												
					40	646	70	5											105	38		10												
	C90B14	203,25			35*	656	115	8,5											140	296,5		80								70	5	115	43	12
	C100B14	213,25			40	702,6	130	8,5											160	316,5		70								55	7,5	105	38	10
					35*	712,6	80	70											5	115		43								12				
40			805,3	70	55	7,5	105	38	10																									
C132B14	233,25	40	815,3	165	11	200	326,5	80	70	5	115	43	12																					

Ilustración 58: Dimensiones del moto reductor

### 8.2.1.3.5 Diseño para la chaqueta de enfriamiento

En la Tabla 8 del Kern, se obtiene un valor de U para un enfriador que opera con solución orgánica como fluido caliente y agua como fluido frío.

#### Chaqueta de Enfriamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

#### Cálculo del MLDT

$$\Delta T_{ML} = (200 - 40) - (200 - 25) / \ln ((200 - 40) / (200 - 25))$$

**166,67**

#### Área de transferencia

A	4480,94	ft <sup>2</sup>
A	416	m <sup>2</sup>

Tabla 36

Se compara el área de intercambio necesario con el área disponible

Área disponible de intercambio= 184 m<sup>2</sup>

Dado que el área de intercambio es mayor que la del recipiente, es necesario implantar un serpentín interno que haga alcanzar la transferencia de calor necesaria.

$A_{SERPENTIN} = A_{INTERCAMBIO} - A_{RECIPIENTE} = 232 \text{ m}^2$ . A partir de la diferencia entre áreas y suponiendo un diámetro de 5.00 cm de los tubos, podemos diseñar el serpentín deseado.

$$A = \pi d L_s = \sum \pi d_i L_i$$

d: diámetro externo del tubo del serpentín

L<sub>s</sub>: Longitud del serpentín

$D_s$ : Diámetro del serpentín, generalmente  $(0,9D_t)$  :5,85 m

$N_s$ ; espiras del serpentín:  $[H_s / e + 1]$ :

$H_s$ : la altura del serpentín. Usualmente  $H_s = 0,8H$ , donde H es la altura que alcanza la mezcla dentro del reactor (8,16m)

e, es la separación entre espiras adyacentes (por lo general, e varía entre 2d y 4d).

Con estos datos obtenemos que son necesarias 80 vueltas de serpentín y llega a una altura de 8,10 m.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

Se calcula el flujo de agua necesario para la chaqueta de enfriamiento de acuerdo al calor generado por la reacción. Se toma como límite de calentamiento de dicha agua 40 °C (104 °F) debido a que esta pasará posteriormente a una torre de enfriamiento para reutilizarse.

<b>W</b>	<b>5583750,82</b>	<b>lb/h</b>
<b>Q</b>	89443,05	ft <sup>3</sup> /h
	2533	m <sup>3</sup> /h

Tabla 37

#### 8.2.1.3.6 Selección de distribuidor de alimentación al reactor

Para eliminar la posibilidad de que se genere líneas no deseadas de flujo pistón en el reactor, se diseña un distribuidor de boquilla a tres alturas distintas y se toma como diseño boquillas por altura, por lo tanto, serían 12 boquillas en total.

La caída de presión para este distribuidor es en total alrededor de 10320 Pa.

### 8.2.1.3.7 Distribuidor de aire

Se selecciona el régimen de burbuja simple o fina para el difusor, por ende, el N° Reynolds debe ser menor a 200 y el tamaño de burbuja para una eficiencia de 10/30% es de 2-5 mm.

La tensión superficial del disolvente es de 0,01 N/m, y sabiendo que el diámetro de los difusores debe estar entre 2 y 5 mm, se calcula el diámetro de los difusores, para un diámetro de burbuja de 5 mm.

$$d_d = \frac{d_b^3 \times g \times (p_l - p_g)}{6\sigma} = 16,9 \text{ mm}$$

La velocidad del gas que debe pasar por los orificios se calcula teniendo en cuenta el N° Re máximo 200.

$$V = 4,217 \text{ m/s}$$

Teniendo en cuenta el caudal de aire de 23,3 m<sup>3</sup>/s, el área del distribuidor debe ser de:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{23,3 \text{ m}^3/\text{s}}{4,217 \text{ m/s}} = 5,52 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la cantidad de orificios necesarios son:

$$N_o = \frac{A}{A_o} = \frac{4 \times 5,52 \text{ m}^2}{\pi \times (0,0169)^2} = 24608$$

La caída de presión por orificio es la mitad de la cabeza de velocidad  $ev=0.05$

$$\Delta P = 0,75 \times 24608 \times 0,05 \times 0,5 \times 4,217^2 = 8205 \text{ Pa}$$



### 8.2.1.3.8 Características del condensador necesario

La corriente superior del reactor pasa a través de un condensador para así poder recircular parte del ácido acético evaporado.

Agua	
Caudal	200000 kg/h
Temperatura de entrada	10 °C
Temperatura de salida	45 °C
Corriente del reactor	
Caudal	46397 kg/h
Temperatura de entrada	200 °C
Temperatura de salida	24 °C

Tabla 38

	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
<b><i>Información General</i></b>		
<i>Área Total</i>	m <sup>2</sup>	291,86
<i>Área Requerida</i>	m <sup>2</sup>	244,40
<i>Área Efectiva</i>	m <sup>2</sup>	287,61
<i>Área por la coraza</i>	m <sup>2</sup>	287,61
<i>% Exceso</i>	%	17,68

<i>U Calculado</i>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	350,49
<i>U Servicio</i>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	297,84
<i>Calor Necesario</i>	kcal/h	7180000
<i>LMTD ponderado</i>	C	83,79
<i>LMTD Factor Corrección</i>		1
<i>LMTD Corregido</i>	C	83,79
<b><i>Información de la Coraza</i></b>		
<i>Vel. Flujo Cruzado</i>	m/s	1,4
<i>Caída de presión permitida</i>	atm	0,34
<i>Caída de Presión calculada</i>	atm	0,12
<i>Caída de presión (sucio)</i>	atm	0,20
<b><i>Información de los tubos</i></b>		
<i>Caída de presión permitida</i>		0,34
<i>Caída de Presión calculada</i>		0,17
<i>Velocidad</i>		0,36
<b><i>Dimensiones de la coraza</i></b>		
<i>Diámetro externo</i>	m	0,79

<i>Diámetro interno</i>	m	0,76
<i>Diámetro interno del cabezal</i>	m	0,76
<i>Tipo en norma TEMA</i>		AEL
<b><i>Dimensiones de los tubos</i></b>		
<i>Número de tubos</i>		800
<i>Longitud</i>	m	6,09
<i>diámetro Externo</i>	m	0,019
<i>Diámetro interno</i>	m	0,016
<i>Espesor de la pared del tubo</i>	m	0,002
<i>Arreglo</i>		TRI60
<i>paso de los Tubos</i>	m	0,024
<i>Número de pasos</i>		1
<b><i>Dimensiones de los bafles</i></b>		
<i>Número de bafles</i>		8
<i>Tipo de bafles</i>		Segmento único
<i>Espacio interior</i>	m	0,87

<i>Espacio central</i>	m	0,61
<i>Espacio exterior</i>	m	0,87
<i>Superposición</i>	m	0,038
<i>Dirección de Corte</i>		Vertical
<i>Espesor del Bafle</i>	m	0,006

Tabla 39

## 8.2.2 Diseño de tanques

### 8.2.2.1 Diseño de los tanques de almacenamiento

Se debe considerar que los tanques que almacenan materia prima (Ácido Acético y p-xileno), poseen un tiempo de almacenamiento relativamente grande debido a que dichos productos son importados, por lo cual poseen alarmas de bajo y alto nivel.

#### 8.2.2.1.1 Geometría de los tanques

Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- Relación de esbeltez

$$H/Dt = 1,5$$

Donde H = altura de líquido

- Volumen

$$\text{Volumen de líquido: } V_l = \pi \cdot Dt^3 / 2$$

$$\text{Volumen del tanque: } V_t = \pi \cdot H \cdot Dt^2 / 4$$

- Espesor:

$$t = P \times Dt^2 \times S \times E - 0,2 \times P$$

### 8.2.2.1.2 T-101 Almacenamiento de p-xileno

El resumen de cálculos se encuentra en la tabla siguiente:

#### *Tanque de Almacenamiento de P-xileno*

<b>DATOS GENERALES</b>			
<i>VL: Volumen del líquido</i>	19,14	m <sup>3</sup> /h	Debido a que el material se importa, se considera recibir p-xileno para siete días de operación
<i>Q: Caudal másico</i>	16562	kg/h	
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	168	h	
<i>d: Densidad</i>	865	kg/m <sup>3</sup>	

Tabla 40

#### **DATOS DEL DISEÑO**

<b>RECIPIENTE</b>			
<i>VL=</i>	3216,66	m <sup>3</sup>	
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%	
<i>VT=</i>	4020,83	m <sup>3</sup>	
<b>Especificaciones</b>			
<i>Relación de esbeltez</i>	1,5 e= H/D		
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$		
<i>diámetro</i>	Dt	15,06	m
<i>Altura</i>	H	22,59	m

<i>Espesor</i>	E	4,76	mm
<i>Presión de diseño:</i>	2	Atm	
<i>Tensión del acero:</i>	450	Atm	
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8		
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Temperatura de trabajo</i>	25		°C
<i>Temperatura de diseño</i>	40		°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1		atm
<i>Presión diseño</i>	2		atm
<i>Tapa</i>	semiesférica		
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Espesor cilindro</i>	4,76		mm

Tabla 41

### 8.2.2.1.3 T-102 Almacenamiento de Ácido Acético

#### Tanque de Almacenamiento de ÁCIDO ACÉTICO

##### DATOS GENERALES

<i>VL: Volumen del líquido</i>	46,50	m <sup>3</sup> /h	Se considera un abastecimiento para producir cinco días
<i>Q: Caudal másico</i>	49904	kg/h	
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	120	h	
<i>d: Densidad</i>	1073	kg/m <sup>3</sup>	

Tabla 42

##### DATOS DEL DISEÑO

##### RECIPIENTE

<i>VL=</i>	5581,06	m <sup>3</sup>
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%
<i>VT=</i>	6976,32	m <sup>3</sup>
<b>Especificaciones</b>		
<i>Relación de esbeltez</i>	1,5 e= H/D	
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$	
<i>diámetro</i>	Dt	18,0 m
<i>Altura</i>	H	27,1 m
<i>Espesor</i>	E	6,35 mm
<i>Presión de diseño:</i>	2	atm

<i>Tensión del acero:</i>	450	atm
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8	
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Temperatura de trabajo</i>	25	°C
<i>Temperatura de diseño</i>	40	°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1	atm
<i>Presión diseño</i>	2	atm
<i>Tapa</i>	semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	6,35	mm

Tabla 43

#### 8.2.2.1.4 T-103 Almacenamiento de Ácido Bromhídrico

La acción corrosiva del bromuro y del ácido orgánico sobre el acero al carbono hace necesario el uso de equipos de aceros inoxidable especiales (*Hastelloy C*).

##### *Tanque de Almacenamiento de ÁCIDO BROMHÍDRICO*

###### **DATOS GENERALES**

<i>Vl: Volumen del líquido</i>	0,0852349	m <sup>3</sup> /h	Se considera un abastecimiento para producir cinco días
<i>Q: Caudal másico</i>	127	kg/h	



<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	120	h
<i>d: Densidad</i>	1490	kg/m <sup>3</sup>

Tabla 44

**DATOS DEL DISEÑO**

<b>RECIPIENTE</b>			
<i>VL=</i>	10,23	m <sup>3</sup>	
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%	
<i>VT=</i>	12,79	m <sup>3</sup>	
<b>Especificaciones</b>			
<i>Relación de esbeltez</i>	1,5 e= H/D		
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$		
<i>diámetro</i>	Dt	2,21	m
<i>Altura</i>	H	3,32	m
<i>Espesor</i>	E	4,76	mm
<i>Presión de diseño:</i>	2	atm	
<i>Tensión del acero:</i>	450	atm	
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8		
<i>Material de construcción</i>	Hastelloy C		

<i>Temperatura de trabajo</i>	25	°C
<i>Temperatura de diseño</i>	40	°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1	atm
<i>Presión diseño</i>	2	atm
<i>Tapa</i>	semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	4,76	mm

Tabla 45

### 8.2.2.1.5 T-104 Almacenamiento de Acetato de Cobalto

#### *Tanque de Almacenamiento de ACETATO DE COBALTO*

##### **DATOS GENERALES**

<i>Vl: Volumen del líquido</i>	0,46	m <sup>3</sup> /h	Se considera un abastecimiento por 72h
<i>Q: Caudal másico</i>	780	kg/h	
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	72	h	
<i>d: Densidad</i>	1700	kg/m <sup>3</sup>	

Tabla 46

**DATOS DEL DISEÑO**

**RECIPIENTE**

<i>VL=</i>	33	m <sup>3</sup>
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%
<i>VT=</i>	41,25	m <sup>3</sup>

**Especificaciones**

<i>Relación de esbeltez</i>	1,5 e= H/D		
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$		
<i>diámetro</i>	Dt	3,27	m
<i>Altura</i>	H	4,91	m
<i>Espesor</i>	E	4,76	mm
<i>Presión de diseño:</i>	2	atm	
<i>Tensión del acero:</i>	450	atm	
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8		
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Temperatura de trabajo</i>	25		°C
<i>Temperatura de diseño</i>	40		°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1		atm
<i>Presión diseño</i>	2		atm

<i>Tapa</i>	Semiesférica
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Espesor cilindro</i>	4,76 mm

Tabla 47

### 8.2.2.1.6 T-105 Almacenamiento de Acetato de Manganeso

#### *Tanque de Almacenamiento de ACETATO DE MANGANESO*

##### **DATOS GENERALES**

<i>VL: Volumen del líquido</i>	0,00724528	m <sup>3</sup> /h	Se considera un abastecimiento por 72h
<i>Q: Caudal másico</i>	11,52	kg/h	
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	72	h	
<i>d: Densidad</i>	1590	kg/m <sup>3</sup>	

Tabla 48

##### **DATOS DEL DISEÑO**

##### **RECIPIENTE**

<i>VL=</i>	0,52	m <sup>3</sup>
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%
<i>VT=</i>	0,65	m <sup>3</sup>
<b>Especificaciones</b>		
<i>Relación de esbeltez</i>	1,5	e= H/D
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2) / 4) * H$	
<i>diámetro</i>	Dt	0,82 m

<i>Altura</i>	H	1,23	m
<i>Espesor</i>	E	4,76	mm
<i>Presión de diseño:</i>	2	atm	
<i>Tensión del acero:</i>	45	Atm	
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8		
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Temperatura de trabajo</i>	25		°C
<i>Temperatura de diseño</i>	40		°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1		atm
<i>Presión diseño</i>	2		atm
<i>Tapa</i>	semiesférica		
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Espesor cilindro</i>	4,76		mm

Tabla 49

### 8.2.2.1.7 T-106 Almacenamiento de Agua para reacción

#### *Tanque de Almacenamiento de Agua para T-201 y R-301*

##### **DATOS GENERALES**

<i>VI: Volumen del líquido</i>	143,81	m <sup>3</sup> /h	Se considera un abastecimiento por 24h
<i>Q: Caudal másico</i>	143815	kg/h	
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	24	h	
<i>d: Densidad</i>	1000	kg/m <sup>3</sup>	

Tabla 50

**DATOS DEL DISEÑO**

**RECIPIENTE**

*VL=* 3452 m<sup>3</sup>

*Fs: factor de seguridad* 2 20%

*VT=* 4315 m<sup>3</sup>

**Especificaciones**

*Relación de esbeltez* 1,5 e= H/D

*Ecuación de diseño*  $V= ((\pi* Dt^2)/4)*H$

*diámetro* Dt 16 m

*Altura* H 23 m

*Espesor* E 4,76 mm

*Presión de diseño:* 2 atm

*Tensión del acero:* 45 atm

*Eficiencia de las uniones:* 0,8

*Material de construcción* Acero inoxidable AISI 316

*Temperatura de trabajo* 25 °C

*Temperatura de diseño* 40 °C

*Presión absoluta de trabajo* 1 atm

*Presión diseño* 2 atm

*Tapa* semiesférica

<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	4,76	mm

Tabla 51

### 8.2.2.2 Diseño del Tanque de mezcla T-107

En este caso se realizan los cálculos necesarios para realizar el diseño del tanque de mezcla de la materia prima.

En este tanque se mezcla el p-xileno (16562 kg/h) y las sustancias frescas (HBr 126,86 kg/h, Ac. Acético 127 kg/h), más precisamente la cantidad que se adiciona de cada uno de ellos es la que se pierde en las diferentes operaciones, junto con la solución de ácido acético (46869,19 kg/h) y el catalizador (3699,89 kg/h) recuperado.

De esta forma se prepara la solución de trabajo ante cada ciclo operativo.

<b>Tanque de mezcla para la preparación de la Solución de Trabajo</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>		
<i>VL= Volumen del Líquido</i>	66,2	m <sup>3</sup> /h
<i>t=tiempo de residencia</i>	1	h

Tabla 52

### DATOS DEL DISEÑO

#### RECIPIENTE

<i>VL=</i>	66,20	m <sup>3</sup>
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%
<i>VT=</i>	82,75	m <sup>3</sup>

$V_T =$	83	m <sup>3</sup>
<b>Especificaciones</b>		
<i>Relación de esbeltez</i>	1 e= H/D	
<i>Ecuación de diseño <math>V = ((\pi * Dt^2)/4) * H</math></i>		
<i>diámetro</i>	Dt	4,72 m
<i>Altura</i>	Ht	4,72 m
<i>Espesor</i>	E	4,76 mm
<i>Presión de diseño:</i>	2 atm	
<i>Tensión del acero:</i>	450	atm
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8	
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Temperatura de trabajo</i>	150	°C
<i>Temperatura de diseño</i>	170	°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1	atm
<i>Presión diseño</i>	2	atm
<i>Tapa</i>	Semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	4,76	mm

Tabla 53



### 8.2.2.2.1 Diseño del agitador

La agitación se realizará mediante turbinas, ya que es el agitador más utilizado en las industrias de proceso. Además, son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht		4,8	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	D	1,6	m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	1,6	m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,32	m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W	0,32	m
<i>Ancho de los deflectores</i>	J/Dt=0,1	J	0,48	m

Tabla 54

Para  $Re > 10000$  como en este caso, la función de potencia es independiente del  $NRe$  y la viscosidad deja de ser un factor. Por lo que para flujos completamente turbulentos se calcula la velocidad del agitador ( $n$ ) con la ecuación 26.

$$P = K_t \cdot \eta^3 \cdot D a^5 \rho / g c$$

Siendo

P= Potencia

$K_t$ = Constante específica para turbina con seis palas planas en tanques con cuatro placas deflectoras = 6.3.

El rango de velocidades de operación de este tipo de rodete se encuentra entre 30 y 500 rpm, por lo que el valor obtenido es aceptable.

**Potencia del agitador**

	$P/V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu} 4)$	
$\mu$	0,000672	lb/ft.s
$C$	0,033	
$PE$	1017,7	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,3694251	
$VL$	66,2	m <sup>3</sup>
$P$	24,45	CV
$Da$	1,6	m
$pe$	1,017	
$Kt$	6,3	
$gc$	9,81	kg.m/kgf.s
$n$	<b>92</b>	<b>rpm</b>

Tabla 55

**8.2.2.2.2 Adopción del motor del agitador**

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor TEM trifásico modelo MS carcasa de aluminio. El mismo Se caracteriza por ser liviano, lo que permite mejor movilidad a la hora de la instalación.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 25 CV y la necesaria para el moto reductor es de 4 CV se adopta un motor de 30 CV.

#### *Características*

- Construcción Bajo Normas IEC ESTANDAR.
- Grado de Protección: IP55.
- Tensiones Nominales: 220 / 380V hasta 3kW. 380 / 660V 4kW en adelante.
- Formas constructivas B3 B34 B35.
- Potencias 0,12 hasta 30 HP.
- Rotar Jaula de Ardilla / Aluminio Inyectado.
- Reten en las tapas.
- Chapa de identificación en acero inoxidable.
- Aislación clase "F".
- Carcasa de aluminio.
- Resistencia a la corrosión.
- Velocidades: 2 - 4 - 6 - 8 - 10 polos (300 - 1500 - 1000 - 600 - 750 RPM).
- Servicio continuo S1.
- Chavetas y protección provistas.
- Cuerpos desde 56 hasta 180.

- Frecuencia Nominal: 50 Hz

Modelo	Potencia		Voltaje	Corriente	Velocidad	EFI	Factor de	T. Arr/	T. Max/	I. Max/	Peso Neto
	KW	HP	(V)	(A)	(r.p.m.)	(%)	Potencia	T. Nom.	T. Nom.	I. Nom.	(kg)
MS561-2	0,09	0,12	220/380	0,57/0,33	2800	62,00	0,68	2,30	2,40	6,00	4,60
MS562-2	0,12	0,18	220/380	0,67/0,38	2800	67,00	0,71	2,30	2,40	6,00	4,80
MS631-2	0,18	0,25	220/380	0,91/0,53	2800	69,00	0,75	2,20	2,40	6,00	5,00
MS632-2	0,25	0,33	220/380	1,17/0,68	2800	72,00	0,78	2,20	2,40	6,00	5,30
MS711-2	0,37	0,5	220/380	1,65/0,95	2800	73,50	0,80	2,20	2,40	6,00	6,50
MS712-2	0,55	0,75	220/380	2,33/1,35	2800	75,50	0,82	2,20	2,40	6,00	7,00
MS801-2	0,75	1	220/380	3,03/1,75	2800	76,50	0,85	2,20	2,40	6,00	9,00
MS802-2	1,1	1,5	220/380	4,42/2,55	2800	77,00	0,85	2,20	2,40	6,00	10,50
MS905-2	1,5	2	220/380	6,01/3,84	2800	77,00	0,85	2,20	2,40	6,00	14,00
MS90L-2	2,2	3	220/380	8,61/4,98	2800	78,00	0,86	2,20	2,40	6,00	16,50
MS100L-2	3	4	220/380	11,1/6,4	2870	82,00	0,87	2,20	2,30	7,00	24,50
MS112M-2	4	5,5	380/660	8,2/4,7	2890	85,50	0,87	2,20	2,30	7,00	30,00
MS132S1-2	5,5	7,5	380/660	11/6,3	2900	85,50	0,88	2,00	2,20	7,00	42,00
MS132S2-2	7,5	10	380/660	15/8,6	2900	86,20	0,88	2,00	2,20	7,00	50,00
MS160M1-2	11	15	380/660	21,3/12,2	2930	88,00	0,88	2,00	2,20	7,00	-
MS160M2-2	15	20	380/660	28,7/16,4	2930	89,00	0,89	2,00	2,20	7,00	-
MS160L-2	18,5	25	380/660	34,6/19,8	2930	90,00	0,90	2,00	2,20	7,00	-
MS180M-2	22	30	380/660	40,9/23,4	2930	90,50	0,90	2,00	2,20	7,00	-
MS562-4	0,09	0,12	220/380	0,49/0,28	1400	56,00	0,58	2,30	2,40	6,00	4,60
MS631-4	0,12	0,18	220/380	0,67/0,39	1400	58,00	0,61	2,30	2,40	6,00	4,80
MS632-4	0,18	0,25	220/380	0,84/0,48	1400	60,00	0,63	2,20	2,40	6,00	4,80
MS711-4	0,25	0,33	220/380	1,12/0,65	1400	64,00	0,66	2,20	2,40	6,00	5,00
MS712-4	0,37	0,5	220/380	1,44/0,83	1400	67,00	0,68	2,20	2,40	6,00	6,30
MS801-4	0,55	0,75	220/380	1,94/1,12	1400	69,50	0,72	2,20	2,40	6,00	7,00
MS802-4	0,75	1	220/380	2,69/1,56	1400	73,50	0,73	2,20	2,40	6,00	9,00
MS905-4	1,1	1,5	220/380	3,48/2,01	1400	75,50	0,75	2,20	2,40	6,00	10,50
MS90L-4	1,5	2	220/380	4,74/2,75	1400	78,00	0,78	2,20	2,40	6,00	14,00
MS100L1-4	2,2	3	220/380	6,31/3,65	1400	79,00	0,79	2,20	2,40	6,00	15,50
MS100L2-4	3	4	220/380	8,6/5,0	1430	81,00	0,82	2,20	2,30	7,00	23,00
MS112M-4	4	5,5	220/380	11,7/6,8	1430	82,50	0,81	2,20	2,30	7,00	27,00
MS132S-4	5,5	7,5	380/660	8,8/5,1	1440	84,50	0,82	2,20	2,30	7,00	33,50
MS132M-4	7,5	10	380/660	12/6,9	140	85,50	0,84	2,20	2,20	7,00	49,50
MS160M-4	11	15	380/660	15/8,6	1440	87,00	0,85	2,20	2,20	7,00	57,50
MS160L-4	15	20	380/660	22,3/12,7	1460	88,00	0,85	2,00	2,20	7,00	-
MS180M-4	18,5	25	380/660	33,1/17,7	1450	89,00	0,85	2,00	2,20	7,00	-
MS180L-4	22	30	380/660	36,4/20,8	1470	90,50	0,85	2,20	2,20	7,50	-
MS711-4	0,18	0,25	220/380	1,22	2800	69,00	0,63	2,20	2,40	6,00	-

Ilustración 60

SIZE	DIMENSIONES MONTAJE (mm)																									
	IMB15										IMB5															
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T	M	N	P	R	S	T	AB	AC	AD	HD	L
56	90	71	36	9	20	3	7,2	56	5,8	65	50	80	0	M5	2,5	100	80	120	0	7	3,0	110	120	100	155	195
63	100	80	40	11	23	4	8,5	63	7	75	60	90	0	M5	2,5	115	95	140	0	10	3,0	130	130	115	165	230
71	112	90	45	14	30	5	11	71	7	85	70	105	0	M6	2,5	130	110	160	0	10	3,5	145	145	125	185	255
80	125	100	50	19	40	6	15,5	80	10	100	80	120	0	M6	3,0	165	130	200	0	12	3,5	153	155	130	210	285
90S	140	100	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3,0	165	130	200	0	12	3,5	173	175	136	226	330
90L	140	125	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3,0	165	130	200	0	12	3,5	180	185	145	235	360
100L	160	140	63	28	60	8	24	100	12	130	110	160	0	M8	3,5	215	180	250	0	15	4,0	205	215	170	255	380
112M	190	140	70	28	60	8	24	112	12	130	110	160	0	M8	3,5	215	180	250	0	15	4,0	245	240	180	285	400
132S	216	140	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4,0	265	230	300	0	15	4,0	280	275	195	325	475
132M	216	178	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4,0	265	230	300	0	15	4,0	280	275	195	325	515
160M	254	210	108	43	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4,0	300	250	350	0	15	5,0	320	330	255	420	615
180L	279	241	121	48	110	14	42,5	180	15	265	230	300	0	M15	4,0	300	250	350	0	19	5,0	355	380	280	455	700
180L	279	279	121	48	110	14	42,5	180	15	265	230	300	0	M15	4,0	300	250	350	0	19	5,0	355	380	280	455	740

Ilustración 61

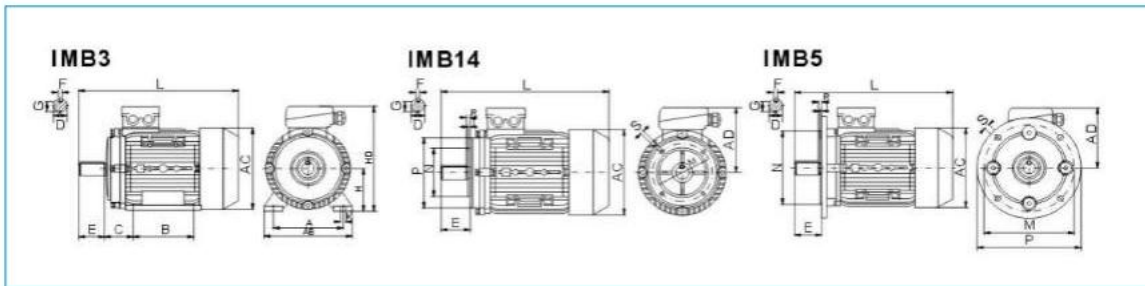


Ilustración 63

### 8.2.2.2.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cuál reduce de 1400 revoluciones por minuto que posee el motor a las 100 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

MODELO	RED	T máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					$\eta$
			Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GC 35/2R	7,62	450	7,50	5,50	226,61	223,23	1,99	5,50	4,00	201,79	183,84	2,23	4,00	3,00	178,66	151,01	2,52	96%
	8,88	450	7,50	5,50	264,38	191,34	1,70	5,50	4,00	235,42	157,58	1,91	4,00	3,00	208,44	129,44	2,16	96%
	11,35	450	7,50	5,50	337,69	149,80	1,33	5,50	4,00	300,71	123,37	1,50	4,00	3,00	266,24	101,34	1,69	96%
	13,54	450	7,50	5,50	402,86	125,57	1,12	5,50	4,00	358,74	103,41	1,25	4,00	3,00	317,62	84,94	1,42	96%
	16,40	450	6,00	4,50	390,47	103,64	1,15	5,50	4,00	434,63	85,35	1,04	4,00	3,00	384,81	70,11	1,17	96%
	18,49	450	6,00	4,50	440,27	91,92	1,02	4,00	3,00	356,41	75,70	1,26	4,00	3,00	433,89	62,18	1,04	96%
	20,31	450	5,00	3,70	402,86	83,71	1,12	4,00	3,00	391,35	68,94	1,15	3,00	2,20	357,32	56,63	1,26	96%
	22,42	450	5,00	3,70	444,83	75,81	1,01	4,00	3,00	432,12	62,44	1,04	3,00	2,20	394,54	51,29	1,14	96%
	26,17	450	4,00	3,00	415,26	64,97	1,08	3,00	2,20	378,18	53,51	1,19	2,00	1,50	306,93	43,95	1,47	96%
28,77	450	4,00	3,00	450,00	59,09	1,00	3,00	2,20	415,81	48,66	1,08	2,00	1,50	337,47	39,97	1,33	96%	
31,01	450	3,00	2,20	361,36	54,83	1,25	3,00	2,20	438,80	45,15	1,03	2,00	1,50	356,12	37,09	1,26	94%	

Ilustración 64

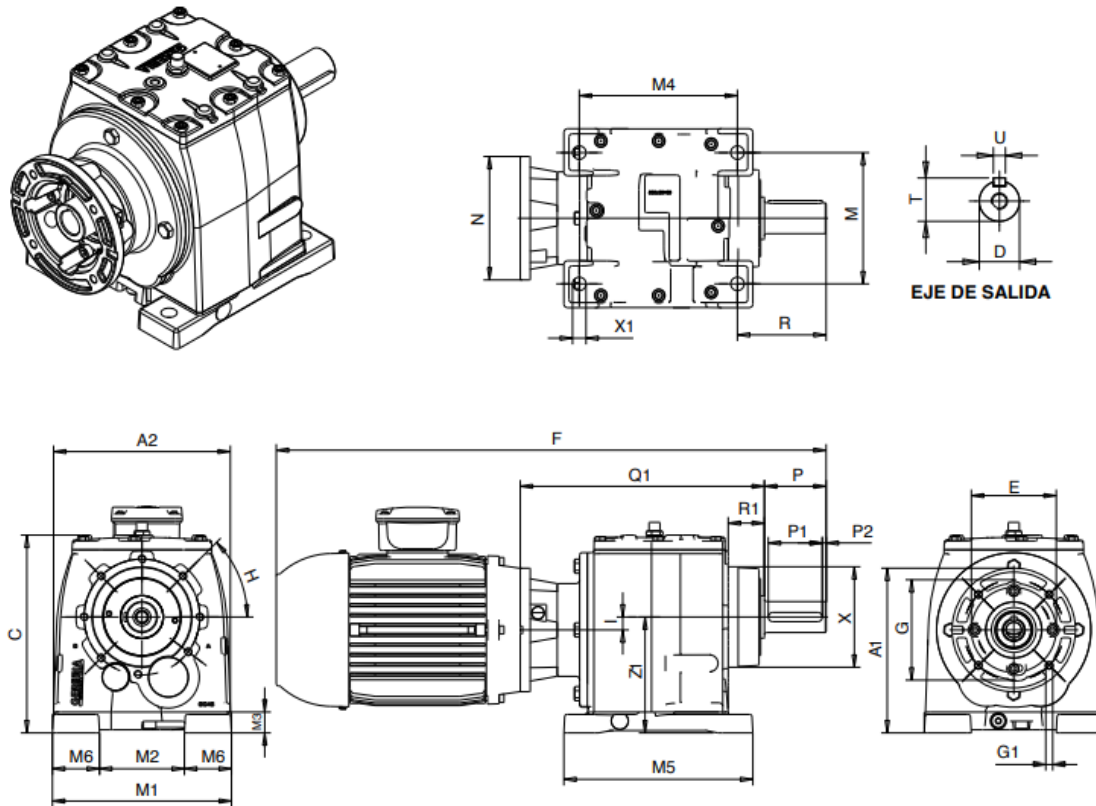


Ilustración 65

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>6</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1
GC 15	C63B14	129,45	141	162	20	60	410,8	75	5,8	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	90	40	30	5	178,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90
	C71B14	136,95				70	439,5	85	6,5										105				179,5							
	C80B14	144,45				80	466	100	6,5										120				190							
GC 25	C63B14	149,2	168	183,5	25	60	456,55	75	5,8	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	90	50	40	5	214,25	81	20	28	8	68	9	110
	C71B14	156,7				70	485,25	85	6,5										105				215,25							
	C80B14	164,2				80	509,25	100	6,5										120				223,25							
GC 35	C71B14	150,5	174	195	30*	70	514,5	85	6,5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	105	60	50	5	234,5	90,5	38,5	33	8	100	13,5	120
		35			524,5		70	55	100,5										38	10										
	C80B14	158			30*	80	540,5	100	6,5										120	244,5	90,5		33	8						
		35			550,5		70	55	100,5										38	10										
	C90B14	168			30*	95	574	115	8,5										140	244,5	90,5		33	8						
	35	594		70	55	100,5	33	8																						
	C100B14	178	30*	110	650,6	130	8,5	160	274,5	90,5	33	8																		
			35*	120	720,6	150	8,5	180	304,5	100,5	38	10																		
GC 45	C80B14	193,25	229,2	256	35*	80	602,5	100	6,5	*	16,75	170	232	110	27	205	245	61	120	70	55	7,5	296,5	105	47	38	10	130	17,5	150
		40			612,5		80	70	5										105	38	12									
	C90B14	203,25			35*	95	646	115	8,5										140	296,5	105	38	10							
		40			656		70	55	7,5										115	43	12									
	C100B14	213,25			35*	110	702,6	130	8,5										160	316,5	105	38	10							
		40			712,6		70	55	7,5										115	43	12									
	C112B14	213,25	35*	130	805,3	165	11	180	336,5	105	38	10																		
		40	815,3		70	55	7,5	115	43	12																				
	C132B14	233,25	35*	150	908,3	200	11	200	366,5	105	38	10																		
		40	918,3		70	55	7,5	115	43	12																				

Ilustración 66

#### 8.2.2.2.4 Diseño de la chaqueta de calentamiento

##### *Chaqueta de Calentamiento*

<i>Calor necesario</i>	1786800	kcal/h
<i>Flujo de vapor necesario para calentar la mezcla</i>	3394,37	kg/h
<i>Densidad del vapor</i>	0,596	kg/m <sup>3</sup>
	5695,26	m <sup>3</sup> /h
<i>Calor latente de vaporización</i>	9475,2	kcal/kmol
<i>Peso molecular</i>	1kmol/18kg	kmol/kg

Tabla 56

Área de transferencia de la chaqueta

Ecuación de diseño

$$Q = U_0 \times A_0 \times \Delta T_m$$

$T_f$ : 150 °C

$T_i$ : 100°C

$UD = 150 \text{ BTU/h } ^\circ\text{F ft}^2$  extraído de Tabla 8 del Kern.

### Chaqueta de calentamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

### Cálculo del MLDT

$$\Delta TL = (120 - 100) - (150 - 100) / \ln((120 - 100) / (150 - 100))$$

32,61

### Área de transferencia

A 74,85 m<sup>2</sup>

Tabla 57

El área disponible de transferencia teniendo en cuenta la altura del líquido de 4,4 m es de 91,23 m<sup>2</sup>, por lo tanto, el área de transferencia calculada es aceptable.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

### 8.2.2.3 Tanque de almacenamiento de TPA crudo (T-108)

#### 8.2.2.3.1 Geometría de los tanques

Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- Relación de esbeltez

$$H/Dt = 1,5$$

Donde H = altura de líquido

- Volumen

$$\text{Volumen de líquido: } V_l = \pi \cdot Dt^3 / 2$$

$$\text{Volumen del tanque: } V_t = \pi \cdot H \cdot Dt^2 / 4$$



- Espesor:

$$t = P \times D t \ 2 \times S \times E - 0,2 \times P$$

**Tanque de Almacenamiento de ÁCIDO TEREFTÁLICO CRUDO**

**DATOS GENERALES**

<i>VI: Volumen del líquido</i>	16,82	m <sup>3</sup> /h
<i>Q: Caudal másico</i>	25600	kg/h
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	24	H
<i>d: Densidad</i>	1522	kg/m <sup>3</sup>

Tabla 58

**DATOS DEL DISEÑO**

<b>RECIPIENTE</b>			
<i>VL=</i>	403,68	m <sup>3</sup>	
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%	
<i>VT=</i>	505	m <sup>3</sup>	
<b>Especificaciones</b>			
<i>Relación de esbeltez</i>	1,5 e= H/D		
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$		
<i>diámetro</i>	Dt	7,54	m
<i>Altura</i>	H	11,31	m
<i>Espesor</i>	E	4,76	mm
<i>Presión de diseño:</i>	2	atm	
<i>Tensión del acero:</i>	450	atm	
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8		
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Temperatura de trabajo</i>	25		°C
<i>Temperatura de diseño</i>	40		°C

<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1	atm
<i>Presión diseño</i>	2	atm
<i>Tapa</i>	semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	4,76	mm

Tabla 59

### 8.2.3 Diseño de Cristalizadores

La operación de los cristalizadores consiste básicamente en someter el magma caliente (es decir, el ácido Tereftálico en solución acuosa de ácido acético), a un descenso de temperatura, (de 200 a 80 °C) para propiciar la formación de los cristales.

Se utiliza el modelo de velocidad de formación de los cristales de TPA a partir de datos experimentales:

$$\frac{d(C - C_{sat})}{dt} = k_g(C - C_{sat})^g$$

De la bibliografía<sup>1</sup>, más precisamente de los trabajos experimentales de Allan S. Myerson y colaboradores, se han obtenido para una solución acuosa de ácido acético, las siguientes constantes de cristalización:

$$k_g = 2.037 \times 10^{-8} \quad y \quad g = 0.805$$

Estos parámetros se emplearon para determinar el tiempo de la operación de cristalización de 4 horas. Con este modelo se determina también que los cristales obtenidos tienen un tamaño de partícula de entre 200 y 300 mallas (0.054 – 0.074 mm).

Uno de los mayores problemas asociados con el proceso de recuperación de cristalización es la potencial contaminación de los cristales de TPA purificados con p-TA. Se busca evitar el choque o enfriamiento brusco y el enfriamiento gradual se logra en una serie de cristalizadores minimizando la Co-precipitación de las impurezas. El proceso de cristalización se lleva a cabo en un total de 4 h, en las cuales una hora el producto estará en un primer cristalizador y luego estará 1.5 hora en cada uno de los siguientes.

**1er Cristalizador: 160 °C**

**2do Cristalizador: 120 °C**

**3er Cristalizador: 80 °C**

*Tabla 60*

---

<sup>1</sup> Purification of Terephthalic acid by cristan Agign, Pamela M. Brown, Michael Marquering and Allan S. Myerson, Departamento de Ingeniería Química del Instituto Politécnico de Brookling.

### 8.2.3.1 *Cristalizador CR-101*

DATOS	
Ti	200 °C
Tf	160 °C
kg(constante de cristalización)	2,037E-08
g	0,805
t	1 h
Tpart.	0,054-0,074

Tabla 61

Teniendo en cuenta el caudal volumétrico que sale del reactor directo al cristalizador se tiene:

#### VOLUMEN DEL CRISTALIZADOR

Volumen	71,42 m <sup>3</sup> /h
V mezclador	71,42 m <sup>3</sup>
	75 m <sup>3</sup>
V de operación	0,9522
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Relación de esbeltez	2 e= H/D
Ecuación de diseño	$V = ((\pi * Dt^2)/4)*H$
diámetro	Dt 3,63

<i>Altura</i>	Ht	7,26
<i>Espesor</i>	E	4,76
<i>Área Total</i>	$A_{Total} = \pi D_R L_R + 2\pi \left(\frac{D_R}{2}\right)^2 1.23$	
107,55	m2	
<i>Presión de diseño:</i>	10	atm
<i>Tensión del acero:</i>	450	atm
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8	
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Temperatura de trabajo</i>	160	°C
<i>Temperatura de diseño</i>	200	°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	9	atm
<i>Presión diseño</i>	10	atm
<i>Tapa</i>	semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	4,76	mm

Tabla 62

### 8.2.3.1.1 Diseño del agitador

La agitación se realiza mediante turbinas de disco con flujo radial debido a que son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos*

Altura del Tanque	Ht	7,3	m
Diámetro del agitador	Dt/Da=3	Da	1,2 m
Distancia del rodete al fondo del tanque	E/Da=1	E	1,2 m
Longitud de las palas	L/Da=0,2	L	0,24 m
Ancho de las palas	W/Da=0,2	W	0,24 m
Ancho de los deflect.	J/Dt=0,1	J	0,36 m

Tabla 63

*Potencia del agitador*

	$P/V = C \times \rho \times (10 + \sqrt{\mu})^4$	
$\mu$	0,000672	lb/ft.s
$C$	0,033	
$\rho$	1017,7	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,3694251	
$V$	60	m <sup>3</sup>

<i>P</i>	20	CV
<i>Da</i>	1,2	m
<i>pe</i>	1,017	
<i>Kt</i>	6,3	
<i>gc</i>	9,81	kg.m/kgf.s
<i>n</i>	<b>88</b>	<b>rpm</b>

Tabla 64

<i>Revoluciones por segundo</i>	1,47
<i>Densidad</i>	1522
<i>Número de Reynolds</i>	8,68
<i>Número de Potencia</i>	5
<i>Potencia</i>	20

Tabla 65

### 8.2.3.1.2 Adopción del motor del agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de Hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, una alta resistencia a la corrosión alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 20 CV y la necesaria para el moto reductor es de 10 CV se adopta un motor de 30 CV.



### Características

- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP
- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355
- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC
- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión
- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Modelo	Potencia (kw) (hp)		Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EFF (%)	Factor Potencia	Rotor Camado Cupla Carga total	Rotor Camado Corriente Carga total	Max Cupla Carga total
1000 RPM (6 polos)										
Y2-711-6	0.18	0,25	380	0.74	900	56	0.66	2.2	4.0	2.2
Y2-712-6	0.25	0,33	380	0.94	900	59	0.68	2.0	4.0	2.2
Y2-801-6	0.37	0,5	380	1.3	900	62	0.70	2.0	5.0	2.2
Y2-802-6	0.55	0,75	380	1.8	900	65	0.72	2.0	5.0	2.2
Y2-90S-6	0.75	1	380	2.3	910	69	0.72	2.0	5.5	2.2
Y3-90L-6	1.1	1,5	380	3.2	910	72	0.73	2.0	5.5	2.2
Y2-100L-6	1.5	2	380	3.9	940	76	0.76	2.0	5.5	2.2
Y2-112M-6	2.2	3	380	5.6	940	79	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132S-6	3.0	4	380	7.4	960	81	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M1-6	4.0	5,5	380	9.7	960	82	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M-6	5.5	7,5	380	12.9	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y2-160M	7.5	10	380	16.5	970	86	0.80	2.0	6.5	2.0
Y2160L-6	11.0	15	380	24.1	970	87.5	0.79	2.0	6.5	2.0
Y2-180L-6	15.0	20	380	31.5	970	89	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L-6	22.0	30	380	44.6	970	90	0.83	2.0	7.0	2.0
Y2-225M-6	30.0	40	380	59.3	980	91.3	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-250M-6	37.0	50	380	71.0	980	92.0	0.86	2.0	7.0	2.1
Y2-280S-6	45.0	60	380	86.0	980	92.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-280M-6	55	75	380	105	980	92.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315S-6	75	100	380	141	990	93.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M-6	90	125	380	169	990	93.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L1-6	110	150	380	206	990	94.0	0.86	2.0	6.7	2.0
Y2-315L2-6	132	180	380	244	990	94.2	0.87	2.0	6.7	2.0
Y2-355M1-6	160	220	380	292	990	94.5	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355M2-6	200	270	380	365	990	94.7	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355L-6	250	340	380	455	990	94.9	0.88	1.9	6.7	2.0

Ilustración 67

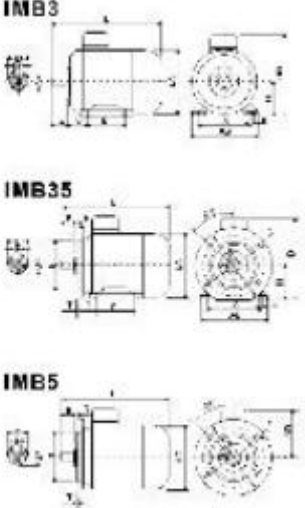


TABLA DE RODAMIENTO			
Carcasa	Folos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-6	620222C3	620222C3
80	2-8	620422C3	620422C3
90	2-8	620622C3	620622C3
100	2-8	620622C3	620622C3
112	2-8	630622C3	630622C3
132	2-8	630822C3	630822C3
160	2		
	4-8	630922C3	630922C3
180	2		
	4-8	6311C3	6311C3
200	2		
	4-8	6312C3	6312C3
225	2		
	4-8	6313C3	6313C3
250	2		
	4-8	6314C3	6314C3
280	2		
	4-8	6314C3	6314C3
	4-8	6317C3	6317C3
315	2		
	4-10	6317C3	6317C3
	4-10	NU319C3	6319C3
355	2		
	4-10	6319C3	6319C3
	4-10	NU322C3	6322C3

Ilustración 68

### 8.2.3.1.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cual reduce de 1000 revoluciones por minuto que posee el motor a las 94 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

MODELO	RED	T máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					$\eta$
			Fe (cv)	Fe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Fe (cv)	Fe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Fe (cv)	Fe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GC 45/2R	7.24	820	15.00	11.00	431.00	234.95	1.65	10.00	7.50	349.00	193.49	2.00	10.00	7.50	424.00	158.94	1.70	96%
	7.64	820	15.00	11.00	455.00	222.44	1.60	10.00	7.50	368.00	183.18	1.90	10.00	7.50	448.00	150.47	1.60	96%
	8.54	820	15.00	11.00	508.00	199.04	1.40	10.00	7.50	412.00	163.91	1.70	10.00	7.50	501.00	134.64	1.45	96%
	10.15	820	15.00	11.00	604.00	167.52	1.20	10.00	7.50	490.00	137.96	1.40	10.00	7.50	595.00	113.32	1.20	96%
	12.17	820	15.00	11.00	725.00	139.64	1.00	10.00	7.50	595.00	115.00	1.20	10.00	7.50	714.00	94.46	1.00	96%
	14.81	820	12.50	9.20	734.00	114.81	1.10	7.50	5.50	530.00	94.55	1.55	7.50	5.50	651.00	77.66	1.25	96%
	17.05	820	10.00	7.50	677.00	99.70	1.20	7.50	5.50	610.00	82.11	1.35	7.50	5.50	750.00	67.44	1.10	96%
	19.88	820	7.50	5.50	604.00	80.82	1.30	5.00	4.00	520.00	70.07	1.25	5.00	3.00	620.00	57.22	1.15	96%
	22.17	820	7.50	5.50	658.00	76.67	1.25	6.00	4.50	635.00	63.14	1.30	6.00	4.50	780.00	51.87	1.05	96%
	25.85	820	7.50	5.50	745.00	65.77	1.10	5.50	4.00	660.00	54.17	1.25	5.00	3.70	790.00	44.49	1.10	96%
	28.08	820	6.00	4.50	668.00	60.55	1.20	5.50	4.00	743.00	49.86	1.10	5.00	3.70	823.00	40.96	1.00	96%
	30.65	820	6.00	4.50	729.00	55.46	1.10	4.00	3.00	591.00	45.68	1.40	4.00	3.00	719.00	37.52	1.15	96%
	33.65	820	6.00	4.50	801.00	50.51	1.00	4.00	3.00	635.00	41.60	1.30	4.00	3.00	790.00	34.17	1.05	96%
35.06	820	6.00	4.50	817.00	48.48	1.00	4.00	3.00	662.00	39.93	1.25	4.00	3.00	820.00	32.80	1.00	94%	
37.04	820	5.00	3.70	719.00	45.90	1.15	3.00	2.20	515.00	37.80	1.60	3.00	2.20	638.00	31.05	1.30	94%	

Ilustración 69

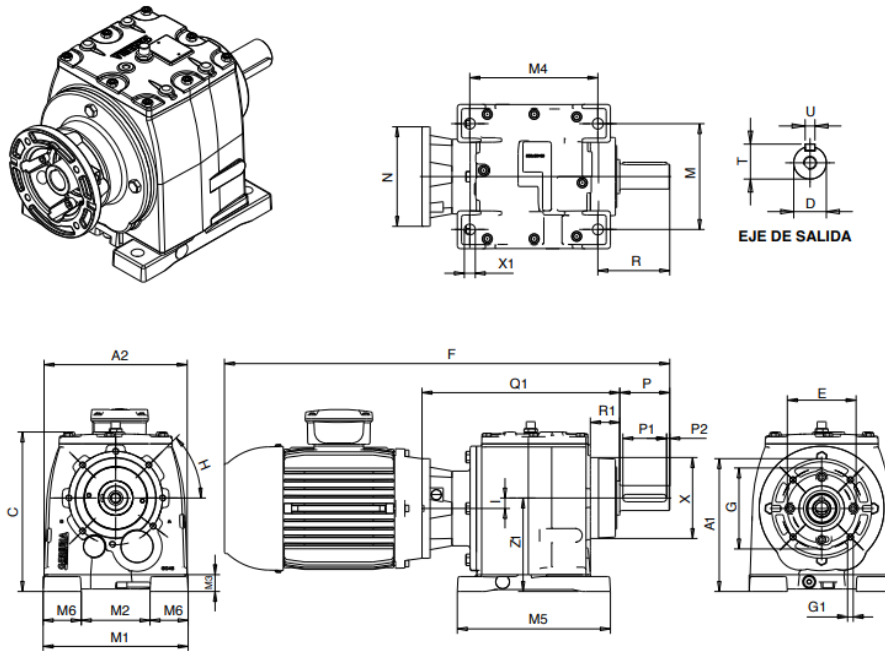


Ilustración 70

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>6</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1		
GC 15	C63B14	129.45			20	60	410.8	75	5.8	*	5.55	110	154	83	14	110	135	27	90	40	30	5	178.5	58	20	22.5	6	61.5	9	90		
	C71B14	136.95	141	162	20	70	439.5	85	6.5										105				190									
	C80B14	144.45				80	466	100	6.5											120												
GC 25	C63B14	149.2			25	60	456.55	75	5.8	*	5.8	110	168	65	18	130	160	40	90	50	40	5	214.25	81	20	28	8	68	9	110		
	C71B14	156.7	168	183.5	25	70	485.25	85	6.5										105				215.25									
	C80B14	164.2				80	509.25	100	6.5										120				223.25									
	C90B14	174.2				95	553.75	115	8.5											140				224.25								
GC 35	C71B14	150.5			30*	70	514.5	85	6.5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	105	60	50	5	234.5	90.5	38.5	33	8					
					35	70	524.5													120	70	55		100.5			38	10				
	C80B14	158			30*	80	540.5	100	6.5											120	60	50		244.5	100.5		33	8				
					35	80	550.5														140	70	55	5	100.5			38	10			
	C90B14	168			30*	95	574	115	8.5	*										140	60	50		244.5	90.5		33	8				
					35	95	594														160	70	55		100.5			38	10			
GC 45	C100B14				30*	110	650.6	130	8.5	*	16.75	170	232	110	27	205	245	61	160	60	50		274.5	100.5		33	8					
	C112B14				35	110	660.6													160	70	55		100.5			38	10				
	C80B14	193.25			40	80	612.5	100	6.5	*										120	80	70	5	296.5	115	47	43	12				
					35*	80	646														140	70	55	7.5	105			38	10			
	C90B14	203.25	229.2	256	40	95	656	115	8.5	*										140	80	70	5	296.5	115		43	12				
GC 45	C100B14				35*	110	702.6	130	8.5	*										160	70	55	7.5	105			38	10				
	C112B14				40	110	712.6													160	80	70	5	316.5	115		43	12				
					35*	130	805.3	165	11	*										200	70	55	7.5	326.5	105		38	10				
	C132B14	233.25			40	130	815.3													200	80	70	5	115			43	12				

Ilustración 71

#### 8.2.3.1.4 Diseño de la Chaqueta de enfriamiento

En la Tabla 8 del Kern, se obtiene un valor de U para un enfriador que opera con solución orgánica como fluido caliente y agua como fluido frío.

##### Chaqueta de Enfriamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor

UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Cálculo del MLDT

$$\Delta TL = (160 - 40) - (200 - 25) / \ln((160 - 40) / (200 - 25))$$

148,64

Área de transferencia

A	175	ft <sup>2</sup>
---	-----	-----------------

A	16,25	m <sup>2</sup>
---	-------	----------------

Tabla 66

Teniendo en cuenta que el área del cristalizador disponible para la transferencia es mayor a la necesaria, los 16, 25 m<sup>2</sup> de la chaqueta son aceptables.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm

Se calcula el flujo de agua necesario para la chaqueta de enfriamiento de acuerdo al calor que debe ser removido. Se toma como límite de calentamiento de dicha agua 40 °C (104 °F) debido a que esta pasa posteriormente a una torre de enfriamiento para reutilizarse.

<b>W</b>	<b>216319,7815</b>	<b>lb/h</b>
<b>Q</b>	3465,108308	ft <sup>3</sup> /h
	<b>98</b>	m <sup>3</sup> /h

Tabla 67

### 8.2.3.2 *Cristalizador CR-102*

*DATOS*

<i>T<sub>i</sub> °C</i>	160
<i>T<sub>f</sub> °C</i>	120
<i>K<sub>g</sub> (C. Cristal.)</i>	2,037E-08
<i>g</i>	0,805
<i>t</i>	1,5 h
<i>T<sub>part.</sub></i>	0,054-0,074

Tabla 68

Teniendo en cuenta el caudal volumétrico que sale del primer cristalizador se tiene:

*VOLUMEN DEL CRISTALIZADOR*

<i>Volumen</i>	71,42	m <sup>3</sup> /h
<i>V mezclador</i>	107,13	m <sup>3</sup>
	110	m <sup>3</sup>
<i>V de operación</i>	0,9732	

*ESPECIFICACIONES*

*Relación de esbeltez*      2=e= H/D

*Ecuación de diseño*       $V = ((\pi * D_t^2)/4)*H$

*diámetro*      D<sub>t</sub>      4,12 m

*Altura*      H<sub>t</sub>      8,24 m

*Espesor*      E      4,76 mm

*Área Total*

$$A_{Total} = \pi D_R L_R + 2\pi \left(\frac{D_R}{2}\right)^2 1.23$$

138      m<sup>2</sup>

*Presión de diseño:*      10      atm

*Tensión del acero:*      450      atm

<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Temperatura de trabajo</i>	120 °C
<i>Temperatura de diseño</i>	160 °C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	5 atm
<i>Presión diseño</i>	10 atm
<i>Tapa</i>	semiesférica
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Espesor cilindro</i>	4,76 mm

Tabla 69

### 8.2.3.2.1 Diseño del agitador

La agitación se realizará mediante turbinas de disco con flujo radial debido a que son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	7,3	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da	1,33 m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	1,22 m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,27 m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W	0,27 m
<i>Ancho de los deflectores</i>	J/Dt=0,1	J	0,4 m

Tabla 70

**Potencia del agitador**

	$P/V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu})^4$	
$\mu$	0,000672	lb/ft.s
$C$	0,033	
$PE$	1017,7	kg/m <sup>3</sup>
$pe$	1,0177	
$P/V$	0,3694251	
$VL$	55	m <sup>3</sup>
$P$	20	CV
$Da$	1,33	m
$pe$	1,017	



<b><i>Kt</i></b>	6,3	
<b><i>gc</i></b>	9,81	kg.m/kgf.s
<b><i>n</i></b>	85	rpm

Tabla 71

<i>Revoluciones por segundo</i>	1,43
<i>densidad</i>	1522
<i>Número de Reynolds</i>	8,68
<i>Número de Potencia</i>	5
<i>Potencia</i>	20

Tabla 72

### 8.2.3.2.2 Adopción del motor del agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de Hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, una alta resistencia a la corrosión alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 20 CV y la necesaria para el moto reductor es de 10 CV se adopta un motor de 30 CV.

#### *Características*

- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP

- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355
- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC
- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión
- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Modelo	Potencia (hp)		Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EFF (%)	Factor Potencia	Rotor Cerrado		Max. Cupla
	(kw)	(hp)						Carga total	Corriente Carga total	
<b>1000 RPM (6 polos)</b>										
Y2-711-6	0.18	0.25	380	0.74	900	56	0.66	2.2	4.0	2.2
Y2-712-6	0.25	0.33	380	0.94	900	59	0.68	2.0	4.0	2.2
Y2-801-6	0.37	0.5	380	1.3	900	62	0.70	2.0	5.0	2.2
Y2-802-6	0.55	0.75	380	1.8	900	65	0.72	2.0	5.0	2.2
Y2-905-6	0.75	1	380	2.3	910	69	0.72	2.0	5.5	2.2
Y2-90L-6	1.1	1.5	380	3.2	910	72	0.73	2.0	5.5	2.2
Y2-100L-6	1.5	2	380	3.9	940	76	0.76	2.0	5.5	2.2
Y2-112M-6	2.2	3	380	5.6	940	79	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132S-6	3.0	4	380	7.4	960	81	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M1-6	4.0	5.5	380	9.7	960	82	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M-6	5.5	7.5	380	12.9	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y2-160M	7.5	10	380	16.5	970	86	0.80	2.0	6.5	2.0
Y2-180L-6	11.0	15	380	27.1	970	87	0.77	2.0	6.7	2.0
Y2-180L-6	15.0	20	380	31.5	970	89	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L1-6	18.5	25	380	38.5	970	90	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L2-6	22.0	30	380	44.6	970	90	0.83	2.0	7.0	2.0
Y2-225M-6	30.0	40	380	59.3	980	91.5	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-250M-6	37.0	50	380	71.0	980	92.0	0.86	2.0	7.0	2.1
Y2-280S-6	45.0	60	380	86.0	980	92.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-280M-6	55	75	380	105	980	92.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315S-6	75	100	380	141	990	93.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M-6	90	125	380	169	990	93.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L1-6	110	150	380	206	990	94.0	0.86	2.0	6.7	2.0
Y2-315L2-6	132	180	380	244	990	94.2	0.87	2.0	6.7	2.0
Y2-355M1-6	160	220	380	292	990	94.5	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355M2-6	200	270	380	365	990	94.7	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355L-6	250	340	380	455	990	94.9	0.88	1.9	6.7	2.0

Ilustración 72

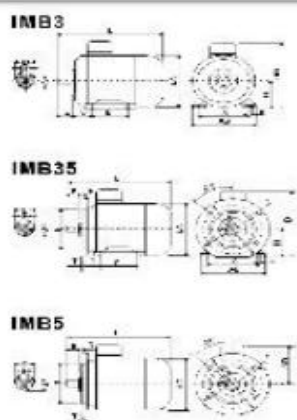


TABLA DE RODAMIENTO			
Carcasa	Polos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-6	620222C3	620222C3
80	2-8	620422C3	620422C3
90	2-8	620522C3	620522C3
100	2-8	620622C3	620622C3
112	2-8	630622C3	630622C3
132	2-8	630822C3	630822C3
160	2	630922C3	630922C3
	4-8		
180	2	6311C3	6311C3
	4-8		
200	2	6312C3	6312C3
	4-8		
225	2	6313C3	6313C3
	4-8		
250	2	6314C3	6314C3
	4-8		
280	2	6314C3	6314C3
	4-8	6317C3	6317C3
	2	6317C3	6317C3
315	4-10	NU319C3	6319C3
	2	6319C3	6319C3
355	4-10	NU322C3	6322C3

Carcasa	Polos	Dimensiones Montajes														Dimensiones Brida											
		A	A/2	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R*	S	T	Aperturas	AB	AC	AD	HD	L	DH			
63	FF115	2, 4	100	50	80	40	11	23	4	8,5	63	115	95	140							135	130	70	180	230	M4x12	
71	FF130	2, 4, 6	112	56	90	45	14	30	5	11	71	130	110	160							150	145	80	195	255	M5x12	
80			125	62,2	100	50	19	40	6	15,5	80										165	175	145	220	295	M6x16	
90S	FF165		140	70	100	56	24	50		20	90	165	130	200							180	195	155	250	320	M8x19	
90L			160	80	140	63			8		100	215	180	250							205	215	180	270	385		
100L	FF215		190	95	140	70	28	60		24	112	215	180	250							230	240	190	300	400	M10x22	
112M		2, 4, 6, 8	216	108	140	89	38	80	10	33	132	265	230	300							270	275	210	345	510	M12x28	
132S	FF265		254	127	254	108	42		12	37	160										320	330	255	420	670		
132M			279	139,5	241	121	48	110		14	180	300	250	350							355	380	280	455	740	M16x36	
160M	FF300		318	159	305	133	55		16	49	200	350	300	400							395	420	305	505	770		
160L			279	139,5	241	121	48	110		14	180	300	250	350							355	380	280	455	740		
180M	FF350		318	159	305	133	55		16	49	200	350	300	400							395	420	305	505	770		
180L			279	139,5	241	121	48	110		14	180	300	250	350							355	380	280	455	740		
200L	FF400	4, 8	356	178	311	149	55	110		16	49	225			19						435	470	335	560	820		
225S		2																								845	
225M		4, 6, 8																									
250M		2	406	203	349	168			60												490	510	370	615	910		
		4, 6, 8																									
280S	FF500	2																									
		4, 6, 8																									
280M		2	457	228,5					65												550	580	410	680			
		4, 6, 8																									
315S		2																									
		4, 6, 8, 10																									
315M	FF600	2	508	254	457	216			65												365	645	530	845			
		4, 6, 8, 10																									
315L		2																									
		4, 6, 8, 10																									
355M		2																									
		4, 6, 8, 10																									
355L	FF740	2	610	305					75																		
		4, 6, 8, 10																				730	710	655	1010	1500	
		2																									
		4, 6, 8, 10																									

Ilustración 73

### 8.2.3.2.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cuál reduce de 1000 revoluciones por minuto que posee el motor a las 94 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

MODELO	RED	T máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					$\eta$
			Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GC 45/2R	7,24	820	15,00	11,00	431,00	234,95	1,65	10,00	7,50	349,00	193,49	2,00	10,00	7,50	424,00	158,94	1,70	96%
	7,64	820	15,00	11,00	455,00	222,44	1,60	10,00	7,50	368,00	183,18	1,90	10,00	7,50	448,00	150,47	1,60	96%
	8,54	820	15,00	11,00	508,00	199,04	1,40	10,00	7,50	412,00	163,91	1,70	10,00	7,50	501,00	134,64	1,45	96%
	10,15	820	15,00	11,00	554,00	187,55	1,20	10,00	7,50	450,00	157,62	1,45	10,00	7,50	552,00	128,93	1,25	96%
	12,17	820	15,00	11,00	725,00	139,64	1,00	10,00	7,50	595,00	115,00	1,20	10,00	7,50	714,00	94,46	1,00	96%
	14,81	820	12,50	9,20	734,00	114,81	1,10	7,50	5,50	530,00	94,55	1,55	7,50	5,50	651,00	77,66	1,25	96%
	17,05	820	10,00	7,50	677,00	99,70	1,20	7,50	5,50	610,00	82,11	1,35	7,50	5,50	750,00	67,44	1,10	96%
	19,86	820	10,00	7,50	787,00	85,62	1,05	6,00	4,50	570,00	70,51	1,45	6,00	4,50	699,00	57,92	1,15	96%
	22,17	820	7,50	5,50	658,00	76,67	1,25	6,00	4,50	635,00	63,14	1,30	6,00	4,50	780,00	51,87	1,05	96%
	25,85	820	7,50	5,50	745,00	65,77	1,10	5,50	4,00	660,00	54,17	1,25	5,00	3,70	750,00	44,49	1,10	96%
	28,08	820	6,00	4,50	668,00	60,55	1,20	5,50	4,00	743,00	49,86	1,10	5,00	3,70	823,00	40,96	1,00	96%
	30,65	820	6,00	4,50	729,00	55,46	1,10	4,00	3,00	591,00	45,68	1,40	4,00	3,00	719,00	37,52	1,15	96%
	33,65	820	6,00	4,50	801,00	50,51	1,00	4,00	3,00	635,00	41,60	1,30	4,00	3,00	790,00	34,17	1,05	96%
	35,06	820	6,00	4,50	817,00	48,48	1,00	4,00	3,00	662,00	39,93	1,25	4,00	3,00	820,00	32,80	1,00	94%
	37,04	820	5,00	3,70	719,00	45,90	1,15	3,00	2,20	515,00	37,80	1,60	3,00	2,20	638,00	31,05	1,30	94%

Ilustración 74

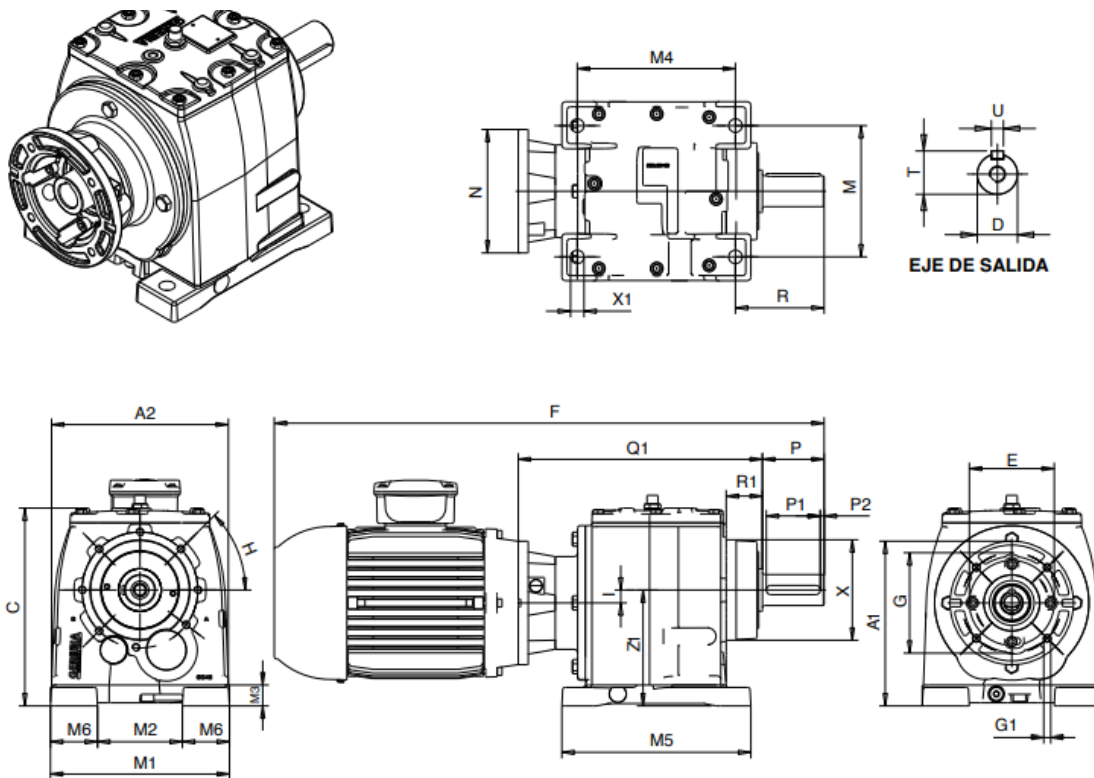


Ilustración 75

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>6</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1		
GC 15	C63B14	129,45	141	162	20	60	410,8	75	5,8	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	90	40	30	5	178,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90		
	C71B14	136,95				70	439,5	85	6,5										105				179,5									
	C80B14	144,45				80	466	100	6,5										120				190									
GC 25	C63B14	149,2	168	183,5	25	60	456,55	75	5,8	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	90	50	40	5	214,25	81	20	28	8	68	9	110		
	C71B14	156,7				70	485,25	85	6,5										105				215,25									
	C80B14	164,2				80	509,25	100	6,5										120				223,25									
	C90B14	174,2				95	553,75	115	8,5										140				224,25									
GC 35	C71B14	150,5	174	195	30*	70	514,5	85	6,5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	105	60	50	5	234,5	90,5	38,5	33	8	100	13,5	120		
	C80B14	158				30*	80	540,5	100										6,5	120	60		50	244,5		90,5	33		8			
	C90B14	168				35	550,5	115	8,5										140	60	50		244,5	90,5		33	8					
	C100B14	178				30*	574	130	8,5										160	60	50		244,5	90,5		33	8					
	C112B14	178				35	594	130	8,5										160	70	55		274,5	100,5		38	10					
	C112B14	178				35	650,6	130	8,5										160	70	55		274,5	100,5		38	10					
GC 45	C80B14	193,25	229,2	256	35	80	592,2	100	6,5	*	16,75	170	232	110	27	205	245	61	120	80	70	5	296,5	105	47	43	12	130	17,5	150		
	C90B14	203,25				35*	646	115	8,5										140	70	55	7,5	296,5	105		38	10					
	C100B14	213,25				40	656	130	8,5										160	70	55	7,5	316,5	105		38	10					
	C112B14	213,25				35*	702,6	130	8,5										160	80	70	5	316,5	105		43	12					
	C132B14	233,25				40	805,3	165	11										200	70	55	7,5	326,5	105		38	10					

Ilustración 76

### 8.2.3.2.4 Diseño de la Chaqueta de enfriamiento

En la Tabla 8 del Kern, se obtiene un valor de U para un enfriador que opera con solución orgánica como fluido caliente y agua como fluido frío.

#### Chaqueta de Enfriamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor

UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Cálculo del MLDT

$$\Delta TL = (160 - 40) - (200 - 25) / \ln((160 - 40) / (200 - 25))$$

106

Área de transferencia

A 304 ft<sup>2</sup>

A 28 m<sup>2</sup>

Tabla 73

Teniendo en cuenta que el área del cristalizador disponible para la transferencia es mayor a la necesaria, los 28 m<sup>2</sup> de la chaqueta son aceptables.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

Se calcula el flujo de agua necesario para la chaqueta de enfriamiento de acuerdo al calor que debe ser removido. Se toma como límite de calentamiento de dicha agua 40 °C (104 °F) debido a que esta pasará posteriormente a una torre de enfriamiento para reutilizarse.

**W 235943,0134 lb/h**

**Q 3779,442131 ft<sup>3</sup>/h**

**107 m<sup>3</sup>/h**

Tabla 74

### 8.2.3.3 *Cristalizador CR-103*

#### DATOS

<i>T<sub>i</sub></i> °C	120
<i>T<sub>f</sub></i> °C	80
<i>kg</i>	2,037E-08
<i>g</i>	0,805
<i>t</i>	1,5 h
<i>T<sub>part.</sub></i>	0,054-0,074

Tabla 75

Teniendo en cuenta el caudal volumétrico que sale del primer cristalizador se tiene:

#### VOLUMEN DEL CRISTALIZADOR

<i>Volumen</i>	71,42	m <sup>3</sup> /h
<i>V mezclador</i>	107,13	m <sup>3</sup>
	110	m <sup>3</sup>

<i>V de operación</i>	0,9732
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<i>Relación de esbeltez</i>	2=e= H/D
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * D^2) / 4) * H$
<i>diámetro</i>	Dt      4,12 m
<i>Altura</i>	Ht      8,24 m
<i>Espesor</i>	E      4,76 mm
<i>Área Total</i>	
	$A_{Total} = \pi D_R L_R + 2\pi \left(\frac{D_R}{2}\right)^2 1.23$
138	m <sup>2</sup>
<i>Presión de diseño:</i>	10      atm
<i>Tensión del acero:</i>	450      atm
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Temperatura de trabajo</i>	80      °C

<i>Temperatura de diseño</i>	120	°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1	atm
<i>Presión diseño</i>	5	atm
<i>Tapa</i>	semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	4,76	mm

Tabla 76

### 8.2.3.3.1 Diseño del agitador

La agitación se realizará mediante turbinas de disco con flujo radial debido a que son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	7,3	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da	1,33 m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	1,22 m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,27 m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W	0,27 m
<i>Ancho de los deflectores</i>	J/Dt=0,1	J	0,4 m

Tabla 77



*Potencia del agitador*

	$P / V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu} 4)$	
$\mu$	0,000672	lb/ft.s
$C$	0,033	
$PE$	1017,7	kg/m <sup>3</sup>
$pe$	1,0177	
$P/V$	0,3694251	
$VL$	55	m <sup>3</sup>
$P$	20	CV
$Da$	1,33	m
$pe$	1,017	
$Kt$	6,3	
$gc$	9,81	kg.m/kgf.s
$n$	<b>85</b>	<b>rpm</b>

Tabla 78

<i>Revoluciones por segundo</i>	1,43
<i>densidad</i>	1522
<i>Número de Reynolds</i>	8,68

<i>Número de Potencia</i>	5
<i>Potencia</i>	20

Tabla 79

### 8.2.3.3.2 Adopción del motor del agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de Hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, una alta resistencia a la corrosión alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 20 CV y la necesaria para el moto reductor es de 10 CV se adopta un motor de 30 CV.

#### *Características*

- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP
- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355
- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC
- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión

- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Modelo	Potencia (kw) (hp)		Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EFF (%)	Factor Potencia	Rotor Cerrado Cupla Carga total	Rotor Cerrado Corriente Carga total	Mix Cupla Carga total
1000 RPM (6 polos)										
Y2-711-6	0.18	0,25	380	0.74	900	56	0.66	2.2	4.0	2.2
Y2-712-6	0.25	0,33	380	0.94	900	59	0.68	2.0	4.0	2.2
Y2-801-6	0.37	0,5	380	1.3	900	62	0.70	2.0	5.0	2.2
Y2-802-6	0.55	0,75	380	1.8	900	65	0.72	2.0	5.0	2.2
Y2-90S-6	0.75	1	380	2.3	910	69	0.72	2.0	5.5	2.2
Y2-90L-6	1.1	1,5	380	3.2	910	72	0.73	2.0	5.5	2.2
Y2-100L-6	1.5	2	380	3.9	940	76	0.76	2.0	5.5	2.2
Y2-112M-6	2.2	3	380	5.6	940	79	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132S-6	3.0	4	380	7.4	960	81	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M1-6	4.0	5,5	380	9.7	960	82	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M-6	5.5	7,5	380	12.9	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y2-160M	7.5	10	380	16.5	970	86	0.80	2.0	6.5	2.0
Y2-180L-6	11.0	15	380	24.7	970	87	0.77	2.0	7.0	2.0
Y2-180L-6	15.0	20	380	31.5	970	89	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L1-6	18.5	25	380	38.3	970	90	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L2-6	22.0	30	380	44.6	970	90	0.83	2.0	7.0	2.0
Y2-225M-6	30.0	40	380	59.3	980	91.5	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-250M-6	37.0	50	380	71.0	980	92.0	0.86	2.0	7.0	2.1
Y2-280S-6	45.0	60	380	86.0	980	92.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-280M-6	55	75	380	106	980	92.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315S-6	75	100	380	141	990	93.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M-6	90	125	380	169	990	93.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L1-6	110	150	380	206	990	94.0	0.86	2.0	6.7	2.0
Y2-315L2-6	132	180	380	244	990	94.2	0.87	2.0	6.7	2.0
Y2-355M1-6	160	220	380	292	990	94.5	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355M2-6	200	270	380	365	990	94.7	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355L-6	250	340	380	455	990	94.9	0.88	1.9	6.7	2.0

Ilustración 77

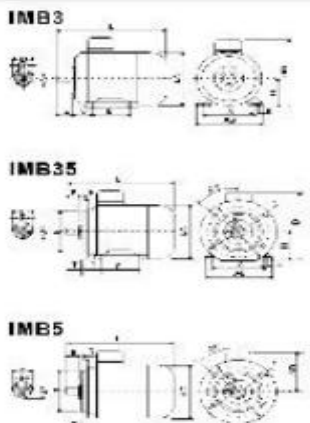


TABLA DE RODAMIENTO			
Carcasa	Polos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-6	620222C3	620222C3
80	2-8	620422C3	620422C3
90	2-8	620522C3	620522C3
100	2-8	620622C3	620622C3
112	2-8	630622C3	630322C3
132	2-8	630822C3	630822C3
160	2	630922C3	630922C3
180	2		
	4-8	6311C3	6311C3
200	2		
	4-8	6312C3	6312C3
225	2		
	4-8	6313C3	6313C3
250	2		
	4-8	6314C3	6314C3
280	2		
	4-8	6314C3	6314C3
	4-8	6317C3	6317C3
	2	6317C3	6317C3
315	4-10	MJ319C3	6319C3
	2	6319C3	6319C3
355	4-10	MJ322C3	6322C3

Ilustración 78

### 8.2.3.3.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cuál reduce de 1000 revoluciones por minuto que posee el motor a las 94 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

MODELO	RED	T máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					$\eta$
			Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GC 45/2R	7.24	820	15,00	11,00	431,00	234,95	1,65	10,00	7,50	349,00	193,49	2,00	10,00	7,50	424,00	158,94	1,70	96%
	7.64	820	15,00	11,00	455,00	222,44	1,60	10,00	7,50	368,00	183,18	1,90	10,00	7,50	448,00	150,47	1,60	96%
	8.54	820	15,00	11,00	508,00	199,04	1,40	10,00	7,50	412,00	163,91	1,70	10,00	7,50	501,00	134,64	1,45	96%
	10.15	820	15,00	11,00	581,00	177,62	1,20	10,00	7,50	470,00	137,91	1,50	10,00	7,50	575,00	113,32	1,20	96%
	12.17	820	15,00	11,00	725,00	139,64	1,00	10,00	7,50	595,00	115,00	1,20	10,00	7,50	714,00	94,46	1,00	96%
	14.81	820	12,50	9,20	734,00	114,81	1,10	7,50	5,50	530,00	94,55	1,55	7,50	5,50	651,00	77,66	1,25	96%
	17.05	820	10,00	7,50	677,00	99,70	1,20	7,50	5,50	610,00	82,11	1,35	7,50	5,50	750,00	67,44	1,10	96%
	19.86	820	10,00	7,50	787,00	85,62	1,05	6,00	4,50	570,00	70,51	1,45	6,00	4,50	699,00	57,92	1,15	96%
	22.17	820	7,50	5,50	658,00	76,67	1,25	6,00	4,50	635,00	63,14	1,30	6,00	4,50	780,00	51,87	1,05	96%
	25.85	820	7,50	5,50	745,00	65,77	1,10	5,50	4,00	660,00	54,17	1,25	5,00	3,70	750,00	44,49	1,10	96%
	28.08	820	6,00	4,50	668,00	60,55	1,20	5,50	4,00	743,00	49,86	1,10	5,00	3,70	823,00	40,96	1,00	96%
	30.65	820	6,00	4,50	729,00	55,46	1,10	4,00	3,00	591,00	45,68	1,40	4,00	3,00	719,00	37,52	1,15	96%
	33.65	820	6,00	4,50	801,00	50,51	1,00	4,00	3,00	635,00	41,60	1,30	4,00	3,00	790,00	34,17	1,05	96%
	35.06	820	6,00	4,50	817,00	48,48	1,00	4,00	3,00	662,00	39,93	1,25	4,00	3,00	820,00	32,80	1,00	94%
	37.04	820	5,00	3,70	719,00	45,90	1,15	3,00	2,20	515,00	37,80	1,60	3,00	2,20	638,00	31,05	1,30	94%

Ilustración 79

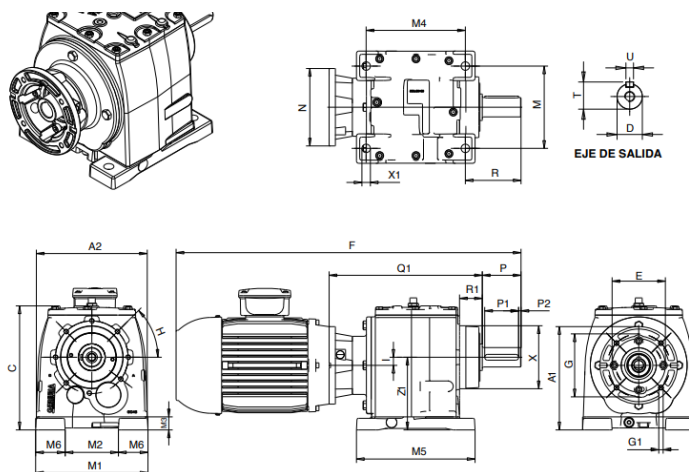


Ilustración 80

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>6</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1	
GC 15	C63B14	129,45		141	162	20	60	410,8	75	5,8	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	105	40	30	5	178,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90
	C71B14	136,95					70	439,5	85	6,5																					
	C80B14	144,45					80	466	100	6,5																					
GC 25	C63B14	149,2					60	456,55	75	5,8													214,25								
	C71B14	156,7	168	183,5	25		70	485,25	85	6,5	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	105	50	40	5	215,25	81	20	28	8	68	9	110
	C80B14	164,2					80	509,25	100	6,5																					
	C90B14	174,2					95	553,75	115	8,5																					
GC 35	C71B14	150,5				30*	70	514,5	85	6,5										105	60	50		234,5	90,5		33	8			
						35		524,5																	100,5		38	10			
	C80B14	158		174	195		80	540,5	100	6,5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	120	60	50		244,5	90,5		33	8			
							35	550,5																	100,5		38	10			
	C90B14	168				30*	95	574	115	8,5										140	60	50	5	244,5	90,5	38,5	33	8	100	13,5	120
						35	594																		100,5		38	10			
	C100B14	178				30*	110	650,6	130	8,5										160	60	50		274,5	90,5		33	8			
	C112B14					35		660,6																	100,5		38	10			
GC 45	C80B14	193,25				30*	80	602,5	100	6,5										120	70	55	7,5	296,5	105		38	10			
						35		612,5																		115		43	12		
	C90B14	203,25				35*	95	646	115	8,5	*	16,75	170	232	110	27	205	245	61	140	70	55	7,5	296,5	105		38	10			
						40		656																			43	12			
	C100B14	213,25	229,2	256		35*	110	702,6	130	8,5										160	70	55	7,5	316,5	105	47	38	10	130	17,5	150
						40		712,6																				43	12		
	C132B14	233,25				35*	130	805,3	165	11										200	70	55	7,5	326,5	105		38	10			
						40		815,3																			43	12			

Ilustración 81

En la Tabla 8 del Kern, se obtiene un valor de U para un enfriador que opera con solución orgánica como fluido caliente y agua como fluido frío.

**Chaqueta de Enfriamiento**

**Coefficiente global de transferencia de Calor**

**UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F**

**Cálculo del MLDT**

$$\Delta TL = (80 - 40) - (120 - 25) / \ln((80 - 40) / (120 - 25))$$

**64**

**Área de transferencia**

**A** 594

ft<sup>2</sup>

**A** 55

m<sup>2</sup>

Tabla 80

Teniendo en cuenta que el área del cristalizador disponible para la transferencia es mayor a la necesaria, los 55 m<sup>2</sup> de la chaqueta son aceptables.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

Se calcula el flujo de agua necesario para la chaqueta de enfriamiento de acuerdo al calor que debe ser removido. Se toma como límite de calentamiento de dicha agua 40 °C (104 °F) debido a que esta pasará posteriormente a una torre de enfriamiento para reutilizarse.

**W 222884,639 lb/h**

**Q 3570,267172 ft<sup>3</sup>/h**

**101 m<sup>3</sup>/h**

Tabla 81

#### 8.2.4 Diseño de Condensadores

##### 8.2.4.1 Condensador E-101

El condensador E-101 es el que se encuentra a la cabeza del Reactor R-101.

La corriente superior del reactor pasa a través de un condensador para así poder recircular parte del ácido acético evaporado.

Agua	
Caudal	200000 kg/h
Temperatura de entrada	10 °C
Temperatura de salida	45 °C
Corriente del reactor	
Caudal	46397 kg/h
Temperatura de entrada	200 °C
Temperatura de salida	24 °C

Tabla 82

**Información General**

<i>Área Total</i>	m <sup>2</sup>	291,86
<i>Área Requerida</i>	m <sup>2</sup>	244,4
<i>Área Efectiva</i>	m <sup>2</sup>	287,61
<i>Área por la coraza</i>	m <sup>2</sup>	287,61
<i>% Exceso</i>	%	17,68
<i>U Calculado</i>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	350,49
<i>U Servicio</i>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	297,84
<i>Calor Necesario</i>	kcal/h	7180000
<i>LMTD ponderado</i>	C	83,79
<i>LMTD Factor Corrección</i>		1
<i>LMTD Corregido</i>	C	83,79
<b>Información de la Coraza</b>		
<i>Vel. Flujo Cruzado</i>	m/s	1,4
<i>Caída de presión permitida</i>	atm	0,34
<i>Caída de Presión calculada</i>	atm	0,12
<i>Caída de presión (sucio)</i>	atm	0,2
<b>Información de los tubos</b>		
<i>Caída de presión permitida</i>		0,34
<i>Caída de Presión calculada</i>		0,17

<i>Velocidad</i>		0,36
<b><i>Dimensiones de la coraza</i></b>		
<i>Diámetro externo</i>	m	0,79
<i>Diámetro interno</i>	m	0,76
<i>Diámetro interno del cabezal</i>	m	0,76
<i>Tipo en norma TEMA</i>		AEL
<b><i>Dimensiones de los tubos</i></b>		
<i>Número de tubos</i>		800
<i>Longitud</i>	m	6,09
<i>diámetro Externo</i>	m	0,019
<i>Diámetro interno</i>	m	0,016
<i>Espesor de la pared del tubo</i>	m	0,002
<i>Arreglo</i>		TRI60
<i>paso de los Tubos</i>	m	0,024
<i>Número de pasos</i>		1
<b><i>Dimensiones de los baffles</i></b>		
<i>Número de baffles</i>		8
<i>Tipo de baffles</i>		Segmento único
<i>Espacio interior</i>	m	0,87
<i>Espacio central</i>	m	0,61



<i>Espacio exterior</i>	m	0,87
<i>Superposición</i>	m	0,038
<i>Dirección de Corte</i>		Vertical
<i>Espesor del Bafle</i>	m	0,006

Tabla 83

#### 8.2.4.2 Condensador E-102/03/04

El condensador 02 es el que se encuentra a la cabeza del Cristalizador 01, el condensador 03 es el que se encuentra en la cabeza del cristalizador 02 y el condensador 04 se encuentra en la cabeza del cristalizador 03.

Los datos del diseño de estos condensadores son los siguientes:

#### *Información General*

<i>Área Total</i>	m <sup>2</sup>	20,98
<i>Área Requerida</i>	m <sup>2</sup>	18,08
<i>Área Efectiva</i>	m <sup>2</sup>	20,41
<i>Área por la coraza</i>	m <sup>2</sup>	20,41
<i>% Exceso</i>	%	12,88
<i>U Calculado</i>	kcal/ h.m <sup>2</sup> .C	259,72
<i>U Servicio</i>	kcal/ h.m <sup>2</sup> .C	230,1
<i>Calor Necesario</i>	kcal/h	38700 0
<i>LMTD ponderado</i>	° C	82,5
<i>LMTD Factor Corrección</i>		1

<i>LMTD Corregido</i>	° C	82,5
<b><i>Información de la Coraza</i></b>		
<i>Vel. Flujo Cruzado</i>	m/s	1,31
<i>Caída de presión permitida</i>	atm	0,34
<i>Caída de Presión calculada</i>	atm	0
<i>Caída de presión (sucio)</i>	atm	0,01
<b><i>Información de los tubos</i></b>		
<i>Caída de presión permitida</i>	atm	0,34
<i>Caída de Presión calculada</i>	atm	0,06
<i>Velocidad</i>	m/s	0,16
<b><i>Dimensiones de la coraza</i></b>		
<i>Diámetro externo</i>	m	0,33
<i>Diámetro interno</i>	m	0,3
<i>Diámetro interno del cabezal</i>	m	0,3
<i>Tipo en norma TEMA</i>		AEL
<b><i>Dimensiones de los tubos</i></b>		
<i>Número de tubos</i>		115
<i>Longitud</i>	m	3,05
<i>diámetro Externo</i>	m	0,019
<i>Diámetro interno</i>	m	0,016

<i>Espesor de la pared del tubo</i>	m	0,002
<i>Arreglo</i>		TRI 60
<i>paso de los Tubos</i>	m	0,024
<i>Número de pasos</i>		1
<b>Dimensiones de los baffles</b>		
<i>Número de baffles</i>		14
<i>Tipo de baffles</i>		Doble borde
<i>Espacio interior</i>	m	0,305
<i>Espacio central</i>	m	0,191
<i>Espacio exterior</i>	m	0,183
<i>Superposición</i>	m	0,038
<i>Dirección de Corte</i>		Vertic al
<i>Espesor del Baffle</i>	m	0,003

Tabla 84

### 8.2.5 Diseño y adopción del Secador Rotatorio D-101

Para calcular el área necesaria del secador rotatorio se utilizó la ecuación de diseño de filtrado continuo 30.31 del Mc cabe.

$$\int_0^t dt = K_p \int_0^V V dV$$

La cuál luego de la integración y de una serie de pasos matemáticos queda:

$$A = \frac{W}{t_c \cdot \text{Filtrado promedio}}$$

### Secador Rotatorio

$$W = \eta \cdot t = \eta \cdot F \cdot t_c$$

**$\eta$**  25600,13 kg/h

### Cálculo del Área de Filtrado

$$A = (m \cdot F \cdot t_c) / (t_c \cdot F_p)$$

**m** masa obtenida después de filtrado

**F<sub>p</sub>** Filtrado promedio

**f** (1/3) Fracción del ciclo para la formación de la torta

**t<sub>c</sub>** Tiempo de filtración del ciclo total

**A** 17 m<sup>2</sup>

**Tiempo de** 0,075 h

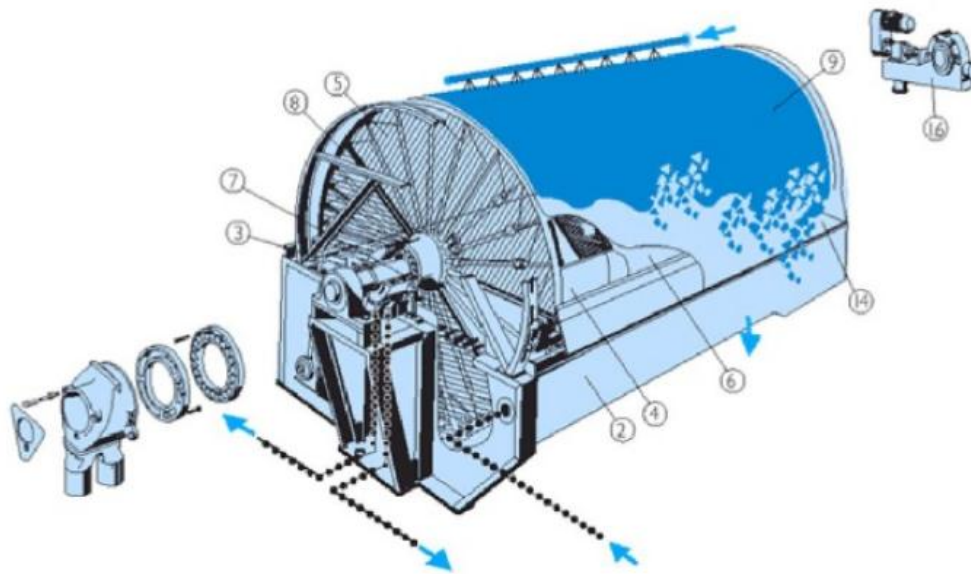
**retención de**  
**torta** 4,51 m

**T de filtrado** 2,5 h

Tabla 85

Según la bibliografía el filtro de tambor rotatorio al vacío gira de 10 a 60 revoluciones por hora.

Con el área obtenida se dirige al catálogo de TEFSA y se elige el área calculada o el inmediato superior.



- 1 Suspensión
- 2 Cuba del Filtro
- 3 Agitador pendular
- 4 Celdas de Filtración
- 5 Tambor
- 6 Tela Filtrante
- 7 Válvula de mando
- 8 Tubos de filtrado
- 9 Sólidos separados
- 10 Dispositivos de lavado
- 11 Líquido de lavado
- 12 Filtrado madre
- 13 Filtrado del lavado
- 14 Dispositivos de descarga / Descarga por rasquete
- 15 Descarga de sólidos
- 16 Accionamiento del tambor

Ilustración 82

Tipo de filtro	Area filtrante	Diámetro del tambor	Anchura del tambor	Número de celdas	Longitud A	Anchura B	Altura C	Peso en servicio	Consumo energético
TSF	m <sup>2</sup>	mm	mm		mm	mm	mm	Tm	Kw
5/1,55 5,2/1,55	0,25	520	155	16	1900	850	1000	0,5	0,5
9,2/2,5 9,2/5,0 9,2/7,5 9,2/10 9,2/15 9,2/20	0,72 1,45 2,15 2,90 4,3 5,8	920	250 500 750 1000 1500 2000	14	2050 2300 2550 2800 3300 3800	2050	1700	2,0 2,3 2,6 2,9 3,5 4,1	1,5
13,1/10 13,1/15 13,1/20 13,1/25 13,1/30	4 6 8 10 12	1310	1000 1500 2000 2500 3000	14	2900 3400 3900 4300 4700	2300	2000	3,5 4,5 5,5 6,5 7,5	3,0
20,9/15 20,9/20 20,9/20 20,9/30	10 13 16 19	2090	1500 2000 2500 3000	16	3500 4000 4500 5000	3700	2800	9,5 10,5 12,5 13,5	4,4
26,2/25 20,9/30 26,2/35 26,2/40	20 25 29 33	2620	2500 3000 3500 4000	20	4900 5400 5900 6400	4100	3500	17 19 21 23	6,0
31,4/30 31,4/35 31,4/40 31,4/40 31,4/50 31,4/55 31,4/60	30 35 40 40 50 55 60	3140	3000 3500 4000 4000 5000 5500 6000	24	5400 5900 6400 6400 7400 7900 8400	4700	4000	24 27 30 30 36 39 42	8,0
36,6/60 36,6/65	69 75	3660	6000 6500	28	8250 9250	5700	4200	56 59	8,0
41,8/75	100	4180	7500	32	9850	6000	5300	68	11,0

Ilustración 83

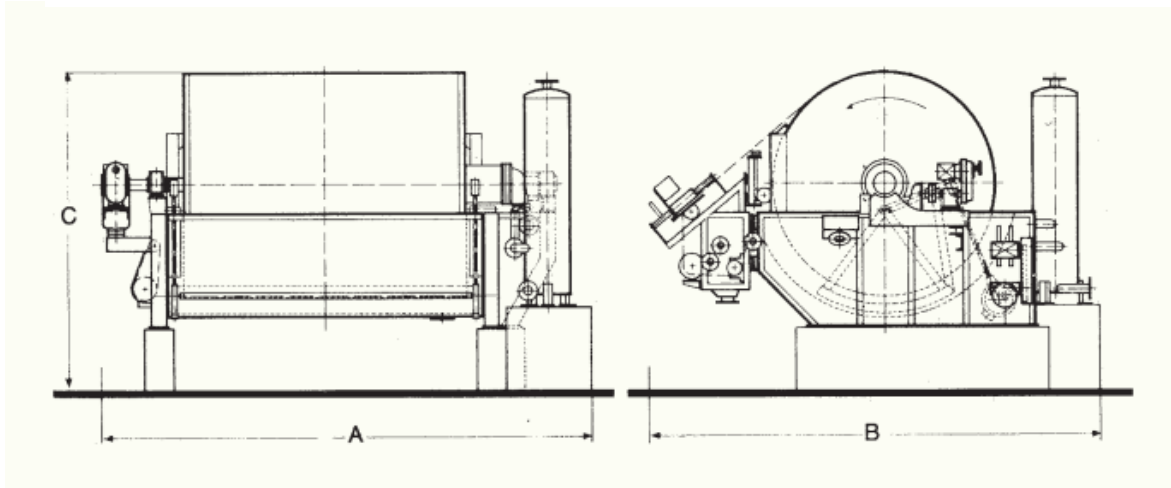


Ilustración 84

### 8.2.5.1 Adopción del motor del secador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor TEM trifásico modelo MS carcasa de Aluminio. El mismo se caracteriza por ser liviano lo cual le permite mejor movilidad en la instalación.

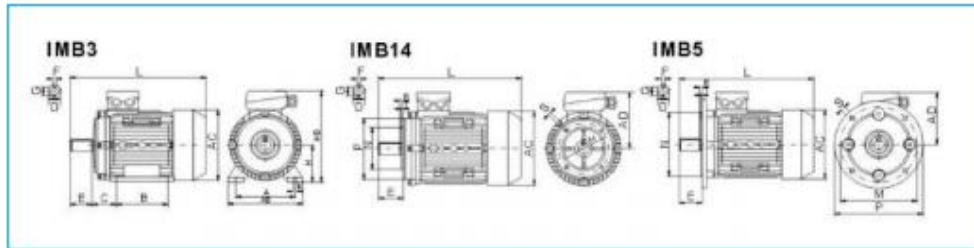
#### *Características:*

- Construcción Bajo Normas IEC ESTANDAR.
- Grado de Protección: IP55.
- Tensiones Nominales: 220 / 380V hasta 3kW. 380 / 660V 4kW en adelante.
- Formas constructivas B3 B34 B35.
- Potencias 0,12 hasta 30 HP.
- Rotar Jaula de Ardilla / Aluminio Inyectado.
- Reten en las tapas.
- Chapa de identificación en acero inoxidable.
- Aislación clase “F”.
- Carcasa de aluminio.
- Resistencia a la corrosión.
- Velocidades: 2 - 4 - 6 - 8 - 10 polos (300 - 1500 - 1000 - 600 - 750 RPM).
- Servicio continuo S1.
- Chavetas y protección provistas.
- Cuerpos desde 56 hasta 180.
- Frecuencia Nominal: 50 Hz.

### Dimensiones

SIZE	DIMENSIONES MONTAJE (mm)																	DIMENSIONES (mm)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T	M	N	P	R	S	T	AD	AD	AD	ND	L
56	90	71	36	9	20	3	7.2	56	5.8	65	50	80	0	M5	2.5	100	80	120	0	7	3.0	110	120	100	155	195
63	100	80	40	11	23	4	8.5	63	7	75	60	90	0	M5	2.5	115	95	140	0	10	3.0	130	130	115	165	230
71	112	90	45	14	30	5	11	71	7	85	70	105	0	M6	2.5	130	110	160	0	10	3.5	145	145	125	185	255
80	125	100	50	19	40	6	15.5	80	10	100	80	120	0	M6	3.0	165	130	200	0	12	3.5	153	155	130	210	285
90G	140	100	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3.0	165	130	200	0	12	3.5	173	175	136	226	330
90L	140	125	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3.0	165	130	200	0	12	3.5	180	185	145	235	360
100L	160	140	63	28	60	8	24	100	12	130	110	160	0	M8	3.5	215	180	250	0	15	4.0	205	215	170	255	380
112M	190	140	70	28	60	8	24	112	12	130	110	160	0	M8	3.5	215	180	250	0	15	4.0	245	240	180	285	400
132S	216	140	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4.0	265	230	300	0	15	4.0	280	275	195	325	475
132M	216	178	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4.0	265	230	300	0	15	4.0	280	275	195	325	515
160M	254	210	108	43	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4.0	300	250	350	0	15	5.0	320	330	255	420	615
160L	254	254	108	42	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4.0	300	250	350	0	15	5.0	320	330	255	420	670
180M	279	241	121	48	110	14	42.5	180	15	265	230	300	0	M15	4.0	300	250	350	0	19	5.0	355	380	280	455	700
180L	279	279	121	48	110	14	42.5	180	15	265	230	300	0	M15	4.0	300	250	350	0	19	5.0	355	380	280	455	740

### Montaje





Proyecto Final- Ingeniería Química  
 OBTENCIÓN DE ÁCIDO TEREFÁTICO A PARTIR DE P-XILENO



Modelo	Potencia KW	HP	Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EPI (%)	Factor de Potencia	T. Arr/ T. Nom.	T. Max/ T. Nom.	I. Max/ I. Nom.	Peso Neto (kg)
MS561-2	0,09	0,12	220/380	0,57/0,33	2800	62,00	0,68	2,30	2,40	6,00	4,60
MS562-2	0,12	0,18	220/380	0,67/0,38	2800	67,00	0,71	2,30	2,40	6,00	4,80
MS631-2	0,18	0,25	220/380	0,91/0,53	2800	69,00	0,75	2,20	2,40	6,00	5,00
MS632-2	0,25	0,33	220/380	1,17/0,68	2800	72,00	0,78	2,20	2,40	6,00	5,30
MS711-2	0,37	0,5	220/380	1,65/0,95	2800	73,50	0,80	2,20	2,40	6,00	6,50
MS712-2	0,55	0,75	220/380	2,33/1,35	2800	75,50	0,82	2,20	2,40	6,00	7,00
MS801-2	0,75	1	220/380	3,03/1,75	2800	76,50	0,85	2,20	2,40	6,00	9,00
MS802-2	1,1	1,5	220/380	4,42/2,55	2800	77,00	0,85	2,20	2,40	6,00	10,50
MS905-2	1,5	2	220/380	6,01/3,84	2800	77,00	0,85	2,20	2,40	6,00	14,00
MS90L-2	2,2	3	220/380	8,61/4,98	2800	78,00	0,86	2,20	2,40	6,00	16,50
MS100L-2	3	4	220/380	11,1/6,4	2870	82,00	0,87	2,20	2,30	7,00	24,50
MS112M-2	4	5,5	380/660	8,2/4,7	2890	85,50	0,87	2,20	2,30	7,00	30,00
MS132S1-2	5,5	7,5	380/660	11/6,3	2900	85,50	0,88	2,00	2,20	7,00	42,00
MS132S2-2	7,5	10	380/660	15/8,6	2900	86,20	0,88	2,00	2,20	7,00	50,00
MS160M1-2	11	15	380/660	21,3/12,2	2930	88,00	0,88	2,00	2,20	7,00	-
MS160M2-2	15	20	380/660	28,7/16,4	2930	89,00	0,89	2,00	2,20	7,00	-
MS160L-2	18,5	25	380/660	34,6/19,8	2930	90,00	0,90	2,00	2,20	7,00	-
MS180M-2	22	30	380/660	40,9/23,4	2930	90,50	0,90	2,00	2,20	7,00	-
MS562-4	0,09	0,12	220/380	0,49/0,28	1400	56,00	0,58	2,30	2,40	6,00	4,60
MS631-4	0,12	0,18	220/380	0,67/0,39	1400	58,00	0,61	2,30	2,40	6,00	4,80
MS632-4	0,18	0,25	220/380	0,84/0,48	1400	60,00	0,63	2,20	2,40	6,00	4,80
MS711-4	0,25	0,33	220/380	1,12/0,65	1400	64,00	0,66	2,20	2,40	6,00	5,00
MS712-4	0,37	0,5	220/380	1,44/0,83	1400	67,00	0,68	2,20	2,40	6,00	6,30
MS801-4	0,55	0,75	220/380	1,94/1,12	1400	69,50	0,72	2,20	2,40	6,00	7,00
MS802-4	0,75	1	220/380	2,69/1,56	1400	73,50	0,73	2,20	2,40	6,00	9,00
MS905-4	1,1	1,5	220/380	3,48/2,01	1400	75,50	0,75	2,20	2,40	6,00	10,50
MS90L-4	1,5	2	220/380	4,74/2,75	1400	78,00	0,78	2,20	2,40	6,00	14,00
MS100L1-4	2,2	3	220/380	6,31/3,65	1400	79,00	0,79	2,20	2,40	6,00	15,50
MS100L2-4	3	4	220/380	8,6/5,0	1430	81,00	0,82	2,20	2,30	7,00	23,00
MS112M-4	4	5,5	220/380	11,7/6,8	1430	82,50	0,81	2,20	2,30	7,00	27,00
MS132S-4	5,5	7,5	380/660	8,8/5,1	1440	84,50	0,82	2,20	2,30	7,00	33,50
MS132M-4	7,5	10	380/660	12/6,9	140	85,50	0,84	2,20	2,20	7,00	49,50
MS160M-4	11	15	380/660	15/8,6	1440	87,00	0,85	2,20	2,20	7,00	57,50
MS160L-4	15	20	380/660	22,3/12,7	1460	88,00	0,85	2,00	2,20	7,00	-
MS180M-4	18,5	25	380/660	30/17,1	1460	89,00	0,85	2,00	2,20	7,00	-
MS180L-4		30	380/660	36,4/20,8	1470	90,50	0,85	2,20	2,20	7,50	-
MS711-6	0,18	0,25	220/380	1,27	880	59,00	0,63	2,20	2,40	6,00	-
MS712-6	0,25	0,33	220/380	1,64	900	59,00	0,68	2,20	2,40	6,00	-
MS801-6	0,37	0,5	220/380	2,24	915	62,00	0,70	2,20	2,40	6,00	-
MS802-6	0,55	0,75	220/380	3,08	920	65,00	0,72	2,20	2,40	6,00	-
MS905-6	0,75	1	220/380	4,06/2,3	910	72,50	0,70	2,20	2,40	6,00	14,50
MS90L-6	1,1	1,5	220/380	5,5/3,2	910	73,50	0,72	2,20	2,20	5,50	17,00
MS100L-6	1,5	2	220/380	6,9/4,0	940	77,50	0,74	2,20	2,20	6,00	22,50
MS112M-6	2,2	3	220/380	9,7/5,6	940	80,50	0,74	2,20	2,20	6,00	29,00
MS132S-6	3	4	220/380	12,4/7,2	960	83,00	0,76	2,00	2,00	6,50	48,00
MS132M1-6	4	5,5	380/660	7,4/5,4	960	84,00	0,77	2,00	2,00	6,50	49,00
MS132M2-6	5,5	7,5	380/660	13/7,5	960	85,30	0,78	2,00	2,00	6,50	57,50
MS160M-6	7,5	10	380/660	16,5/9,43	970	86,00	0,80	2,00	2,00	6,50	-
MS160L-6	11	15	380/660	24,1/13,8	970	87,50	0,79	2,00	2,00	6,50	-
MS180L-6	15	20	380/660	31,5/18	970	89,00	0,81	2,00	2,00	7,00	-
MS801-8	0,18	0,25	220/380	0,88/0,5	630	51,00	0,61	1,80	1,90	4,00	8,80
MS802-8	0,25	0,33	220/380	1,15/0,66	640	54,00	0,61	1,80	1,90	4,00	11,00
MS905-8	0,37	0,5	220/380	1,49/0,85	660	62,00	0,61	1,80	1,90	4,00	13,00
MS90L-8	0,55	0,75	220/380	2,18/1,25	660	63,00	0,61	1,80	2,00	4,00	14,00
MS100L1-8	0,75	1	220/380	2,17/1,24	690	71,00	0,67	1,80	2,00	4,00	20,00
MS100L2-8	1,1	1,5	220/380	2,39/1,37	690	73,00	0,69	1,80	2,00	5,00	26,00
MS112M-8	1,5	2	380/660	4,5/2,5	680	75,00	0,69	1,80	2,00	5,00	43,00
MS132S-8	2,2	3	380/660	10/5,8	710	78,00	0,71	1,80	2,00	6,00	51,00
MS132M-8	3	4	380/660	13,3/7,7	710	79,00	0,73	1,80	2,00	6,00	57,00
MS160M1-8	4	5,5	380/660	10,3/5,8	720	81,00	0,73	1,90	2,00	6,00	69,00
MS160M2-8	5,5	7,5	380/660	13,6/7,8	720	83,00	0,74	2,00	2,00	6,00	78,00
MS160L-8	7,5	10	380/660	-	720	85,50	0,75	2,00	2,00	6,00	8,00

Ilustración 85

### 8.2.6 Diseño y adopción del Decantador centrífugo S-101

Un equipo de separación mecánica sólido-líquido debe funcionar adecuadamente en servicio, tanto inicialmente como a largo plazo. Tiene que operar con fiabilidad y con suficiente flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones normales de las condiciones del proceso y requerir poco mantenimiento y reparaciones.

#### 8.2.6.1 Selección del equipo

La selección debe tener en cuenta el tamaño, tipo y el material de construcción específico necesario para el proceso. Se debe considerar las capacidades y limitaciones de los equipos disponibles.

En la siguiente figura se indica la zona de trabajo de las diferentes técnicas de separación mecánica sólido-líquido:

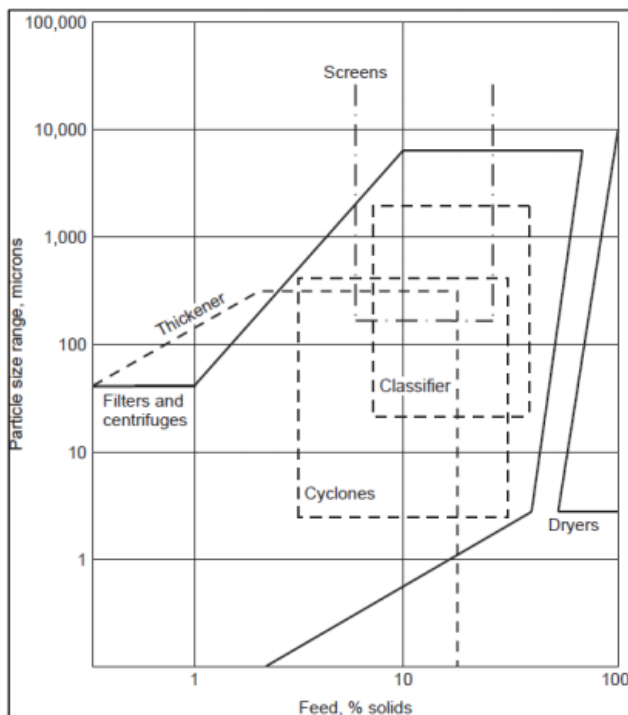


Ilustración 86

FUENTE: Dahlstrom Cornell, Chemical Engineering

A continuación, se detallan los equipos de sedimentación sólidos/líquidos que existen y sus características:

Equipo	Uso típico	Tamaño de partícula [µm]	Concentración de la alimentación [%]	Fuerzas G	Método de separación	Técnica de separación	Proceso
Espesador circular	Espesamiento a gran escala y deliquorización de sólidos desde suspensiones relativamente diluidas.	0.1 – 500	< 20		S E D I M E N T A C I Ó N	G R A V E D A D	O B S T Á C U L O S S I N
Espesador circular de alta capacidad	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	0.1 – 300	< 15				
Espesador de cono profundo	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	0.1 – 300	< 15				
Decantadores laminares	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	1 – 150	< 15				
Clarificadores	Recuperación de licor claro a partir de suspensiones diluidas.	1 – 50	< 15			C E N T R I F U G A	E S T A C I O N A R I A P A R E D
Hidrociclón	Espesamiento de suspensiones, clarificación y clasificación de partículas.	5 – 200	2 – 40	70 - 80 000			
Tazón Tubular Centrifugo	Clarificación por lotes y (ocasionalmente) clasificación de partículas.	0.1 – 100	< 5	14 000 - 65 000			
Canasta	Recuperación y concentración de lodos sólidos.	0.1 – 100	< 5	< 1 600			R O P T A R T E O D R I A
Centrifuga de discos	Clarificación y espesamiento para producir lodos secos.	0.1 – 100	0.05 – 2	14 000			

Ilustración 87

De esta forma, teniendo en cuenta la concentración de sólidos en la alimentación y el tamaño de partículas, se selecciona un decantador centrífugo para el proceso.

### 8.2.6.2 Cálculos del equipo

Para poder adoptar el decantador centrífugo necesario se calcula la capacidad que debería tener el mismo.

Considerando que la corriente que ingresa posee una humedad de 0,02 la porosidad es de 0,026.

$$\epsilon = \frac{\delta s(m-1)}{\delta + \delta s(m-1)}$$
$$\epsilon = \frac{1522(1,02-1)}{1131,93 + (1522 \times 0,02)}$$
$$\epsilon = 0,026$$

Por lo tanto, el volumen total de la torta es de 0,310 m<sup>3</sup>/h

$$V = \frac{0,304}{(1-0,02)}$$
$$V = 0,310$$
$$V L t = 0,310 \times 0,026$$
$$V L t = 0,008 \text{ ml}$$
$$V C = 1 - 0,008$$
$$V C = 0,992 \text{ ml}$$
$$S = \frac{16,67 \text{ m}^3 \times 1522 \text{ kg/m}^3}{(16,67 \times 1522) + (54,75 \times 1131,9)}$$
$$S = 0,32$$
$$C_s = \frac{S x \rho}{1 - m x s} = \frac{0,32 \times 1132,9}{1 - (1,02 \times 0,32)}$$
$$C_s = 1207,46 \text{ kg/m}^3$$
$$V C t = 0,992 \times 54,75$$
$$V C t = 54,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

Capacidad decantador:

$$Cd = 238 \text{ gal/min}$$

Dónde:

$VLt$ = Volumen del líquido de torta

$VC$ = Volumen Clarificado

$S$ = Fracción másica

$Cs$ = Concentración de sólidos

$VCt$ = Volumen clarificado total.

Según la Tabla 4.1 del libro PERRY (Manual del Ingeniero Químico), para 238 gal/min y para 25 t/h de sólidos, el diámetro del recipiente es de 36 plg, la velocidad es de 2.50 rpm, la fuerza al centro de gravedad es de 2590 y la potencia del motor es de 200HP.

#### 8.2.6.3 Adopción del equipo

De acuerdo a los cálculos realizados, se necesita una centrífuga con un tambor de diámetro: 915 mm aproximadamente, con una potencia de 150 a 300 HP y con una velocidad de rotación de eje de 2250 rpm aproximadamente. De esta forma se adopta el decantador centrífugo CONTHICK de SIEBTECHNIK con representante en Argentina.

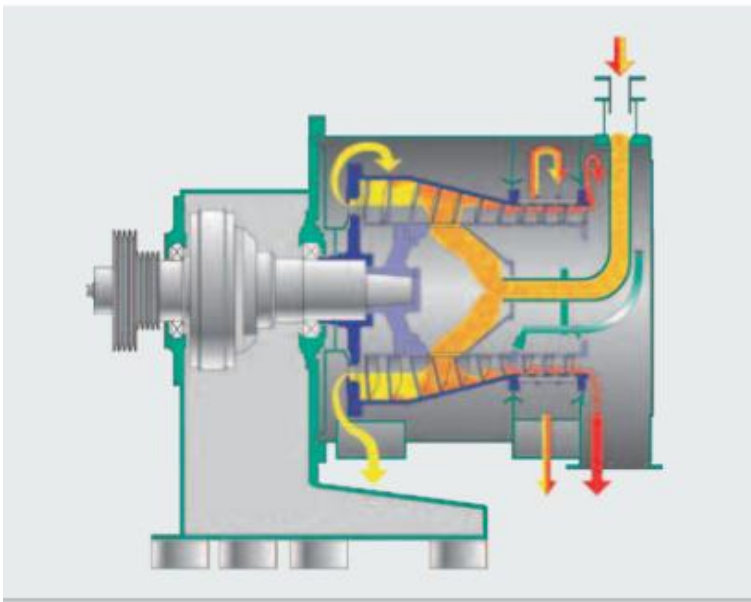


Ilustración 88

La suspensión se alimenta a través de un tubo de entrada a el área de pre-engrosamiento de la centrífuga a través de aberturas en el centro en el cuerpo del gusano.

El líquido principal se descarga en la parte trasera del tazón a través de un rebosadero ajustable (vertedero) para obtener una limpia separación de líquidos (filtrado).

Los sólidos se espesan previamente y se transportan al área de cribado donde el desagüe final se lleva a cabo.

El gusano transporta la materia sólida a través de la sección de cribado cilíndrico a la carcasa de descarga. Puede haber una pérdida relativamente pequeña de sólidos en el área de cribado que puede capturarse mediante el reciclaje de vuelta con la alimentación.

Aplicaciones Típicas:

- Cristales, granulados o fibras con buenas características de sedimentación
- Tamaño de partícula  $d' > 0.05$  mm
- Concentración de sólidos en la alimentación 0 - 60% en peso

Las principales ventajas:

- Larga vida útil de los elementos de la pantalla.
- Alto rendimiento / pérdida mínima de sólidos
- Baja humedad residual



*Ilustración 89*

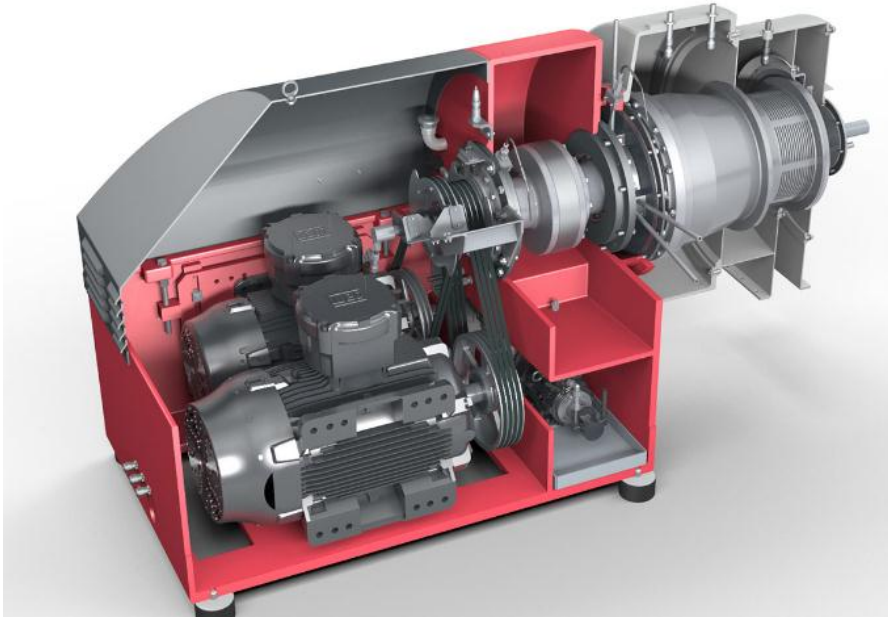


Ilustración 90

### Standard frame sizes

Type CONTHICK	D/d	240/180	320/240	450/340	600/450	800/600	1000/750	1200/900
Drive motor	approx. kW	5.5	7.5	15	30	55	90	132
Length	mm	1,150	1,200	1,550	1,800	2,250	2,700	3,200
Width	mm	1,200	1,200	1,550	2,000	2,100	2,660	3,100
Height	mm	800	850	1,100	1,300	1,800	2,100	2,300
Weight	kg	700	750	1,300	2,000	4,200	7,500	10,000
We reserve the right to make any changes required by technical advances.								

Ilustración 91



### 8.3 Etapa de Purificación

#### 8.3.1 Diseño de los tanques

##### 8.3.1.1 Geometría de los tanques

Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- Relación de esbeltez

$$H/Dt = 1$$

Donde H = altura de líquido

- Volumen

$$\text{Volumen de líquido: } V_l = \pi \cdot Dt^3 / 2$$

$$\text{Volumen del tanque: } V_t = \pi \cdot H \cdot Dt^2 / 4$$

- Espesor:

$$t = P \times Dt^2 \times S \times E - 0,2 \times P$$

##### 8.3.1.1.1 T-201 Dilución de los cristales de Ácido tereftálico crudo.

El resumen de cálculos se encuentra en la tabla siguiente:

<i>Tanque de Dilución</i>		
<b>DATOS GENERALES</b>		
<i>V<sub>l</sub>: Volumen del líquido</i>	160,22	m <sup>3</sup> /h
<i>Q: Caudal másico</i>	169002	kg/h
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	2,45	h
<i>d: Densidad</i>	513	kg/m <sup>3</sup>

Tabla 86

**DATOS DEL DISEÑO**

**RECIPIENTE**

<i>VL=</i>	160,22	m <sup>3</sup>	
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%	
<i>VT=</i>	200,28	m <sup>3</sup>	
<b>Especificaciones</b>			
<i>Relación de esbeltez</i>	1e= H/D		
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$		
<i>diámetro</i>	Dt	6,34	m
<i>Altura</i>	H	6,34	m
<i>Espesor</i>	E	4,76	mm
<i>Presión de diseño:</i>	5	Atm	
<i>Tensión del acero:</i>	450	Atm	
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8		
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Temperatura de trabajo</i>	250		°C
<i>Temperatura de diseño</i>	300		°C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	2		atm
<i>Presión diseño</i>	5		atm
<i>Tapa</i>	semiesférica		

<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316		
<i>Espesor cilindro</i>	4,76		mm

Tabla 87

### 8.3.1.1.1 Diseño del agitador

La agitación se realizará mediante turbinas, ya que es el agitador más utilizado en las industrias de proceso. Además, son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	6,34	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da	2,11 m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	2,11 m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,42 m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W	0,42 m
<i>Ancho de los deflect.</i>	J/Dt=0,1	J	0,63 m

Tabla 88

Para  $Re > 10000$  como en este caso, la función de potencia es independiente del  $N_{re}$  y la viscosidad deja de ser un factor. Por lo que para flujos completamente turbulentos se calcula la velocidad del agitador ( $n$ ) con la ecuación 26.

$$P = Kt \cdot \eta^3 \cdot Da^5 \rho / gc$$

Siendo, P= Potencia y Kt= Constante específica para turbina con seis palas planas en tanques con cuatro placas deflectoras = 6.3.

El rango de velocidades de operación de este tipo de rodete se encuentra entre 30 y 500 rpm, por lo que el valor obtenido es aceptable.

**Potencia del agitador**

	$P / V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu} 4)$	
$\mu$	0,000000912	lb/ft.s
$C$	0,033	
$d$	513	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,165	
$VL$	200	m <sup>3</sup>
$P$	33	CV
$Da$	2,11	m
$pe$	0,513	
$Kt$	6,3	
$gc$	9,81	kg.m/kgf.s
$n$	127	rpm

Tabla 89

#### 8.3.1.1.1.2 Adopción del motor del agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de Hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, una alta resistencia a la corrosión alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 33 CV y la necesaria para el moto reductor es de 4 CV se adopta un motor de 40 CV.

#### *Características*

- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP
- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355
- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC
- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión
- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Modelo	Potencia (kw)	Potencia (hp)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EFF (%)	Factor Potencia	Rotor Cerrado Carga total	Rotor Cerrado Corriente	Mix Carga total
1000 RPM (6 polos)										
Y2-711-6	0.18	0,25	380	0.74	900	56	0.66	2.2	4.0	2.2
Y2-712-6	0.25	0,33	380	0.94	900	59	0.68	2.0	4.0	2.2
Y2-801-6	0.37	0,5	380	1.3	900	62	0.70	2.0	5.0	2.2
Y2-802-6	0.55	0,75	380	1.8	900	65	0.72	2.0	5.0	2.2
Y2-90S-6	0.75	1	380	2.3	910	69	0.72	2.0	5.5	2.2
Y2-90L-6	1.1	1,5	380	3.2	910	72	0.73	2.0	5.5	2.2
Y2-100L-6	1.5	2	380	3.9	940	76	0.76	2.0	5.5	2.2
Y2-112M-6	2.2	3	380	5.6	940	79	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132S-6	3.0	4	380	7.4	960	81	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M1-6	4.0	5,5	380	9.7	960	82	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M-6	5.5	7,5	380	12.9	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y2-160M	7.5	10	380	16.5	970	86	0.80	2.0	6.5	2.0
Y2160L-6	11.0	15	380	24.1	970	87.5	0.79	2.0	6.5	2.0
Y2-180L-6	15.0	20	380	31.5	970	89	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L1-6	18.5	25	380	38.5	970	90	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L2-6	22.0	30	380	44.8	970	90	0.83	2.0	7.0	2.0
Y2-225M-6	30.0	40	380	59.3	980	91.5	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-250M-6	37.0	50	380	71.0	980	92.0	0.86	2.0	7.0	2.1
Y2-280S-6	45.0	60	380	86.0	980	92.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-280M-6	55	75	380	106	980	92.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315S-6	75	100	380	141	990	93.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M-6	90	125	380	169	990	93.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L1-6	110	150	380	206	990	94.0	0.86	2.0	6.7	2.0
Y2-315L2-6	132	180	380	244	990	94.2	0.87	2.0	6.7	2.0
Y2-355M1-6	160	220	380	292	990	94.5	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355M2-6	200	270	380	365	990	94.7	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355L-6	250	340	380	455	990	94.9	0.88	1.9	6.7	2.0

Ilustración 92

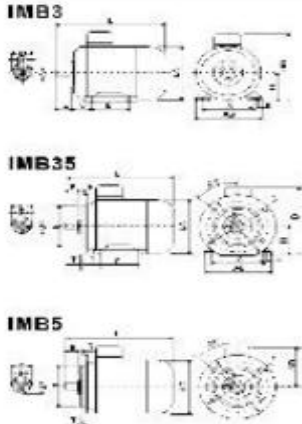


TABLA DE RODAMIENTO			
Carcasa	Polos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-4	620222C3	620222C3
80	2-4	620422C3	620422C3
90	2-4	620522C3	620522C3
100	2-4	620622C3	620622C3
112	2-4	630622C3	630322C3
132	2-4	630822C3	630822C3
160	2	630922C3	630922C3
180	2	6311C3	6311C3
200	2	6312C3	6312C3
225	2	6313C3	6313C3
250	2	6314C3	6314C3
280	2	6314C3	6314C3
280	4-8	6317C3	6317C3
315	2	6317C3	6317C3
315	4-10	NJS19C3	6319C3
355	2	6319C3	6319C3
355	4-10	NJS22C3	6322C3

Ilustración 93

### 8.3.1.1.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto,

silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

MODELO	RED	T máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					$\eta$
			Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GC 35/2R	7,62	450	7,50	5,50	226,61	223,23	1,99	5,50	4,00	201,79	183,84	2,23	4,00	3,00	178,66	151,01	2,52	96%
	8,88	450	7,50	5,50	264,38	191,34	1,70	5,50	4,00	235,42	157,58	1,91	4,00	3,00	208,44	129,44	2,16	96%
	11,35	450	7,50	5,50	337,69	149,80	1,33	5,50	4,00	300,71	123,37	1,50	4,00	3,00	266,24	101,34	1,69	96%
	13,54	450	7,50	5,50	402,86	125,57	1,12	5,50	4,00	358,74	103,41	1,25	4,00	3,00	317,62	84,94	1,42	96%
	16,40	450	6,00	4,50	390,47	103,64	1,15	5,50	4,00	434,63	85,35	1,04	4,00	3,00	384,81	70,11	1,17	96%
	18,49	450	6,00	4,50	440,27	91,92	1,02	4,00	3,00	356,41	75,70	1,26	4,00	3,00	433,89	62,18	1,04	96%
	20,31	450	5,00	3,70	402,86	83,71	1,12	4,00	3,00	391,35	68,94	1,15	3,00	2,20	357,32	56,63	1,26	96%
	22,42	450	5,00	3,70	444,83	75,81	1,01	4,00	3,00	432,12	62,44	1,04	3,00	2,20	394,54	51,29	1,14	96%
	26,17	450	4,00	3,00	415,26	64,97	1,08	3,00	2,20	378,18	53,51	1,19	2,00	1,50	306,93	43,95	1,47	96%
	28,77	450	4,00	3,00	450,00	59,09	1,00	3,00	2,20	415,81	48,66	1,08	2,00	1,50	337,47	39,97	1,33	96%
31,01	450	3,00	2,20	361,36	54,83	1,25	3,00	2,20	438,80	45,15	1,03	2,00	1,50	356,12	37,09	1,26	94%	

Ilustración 94

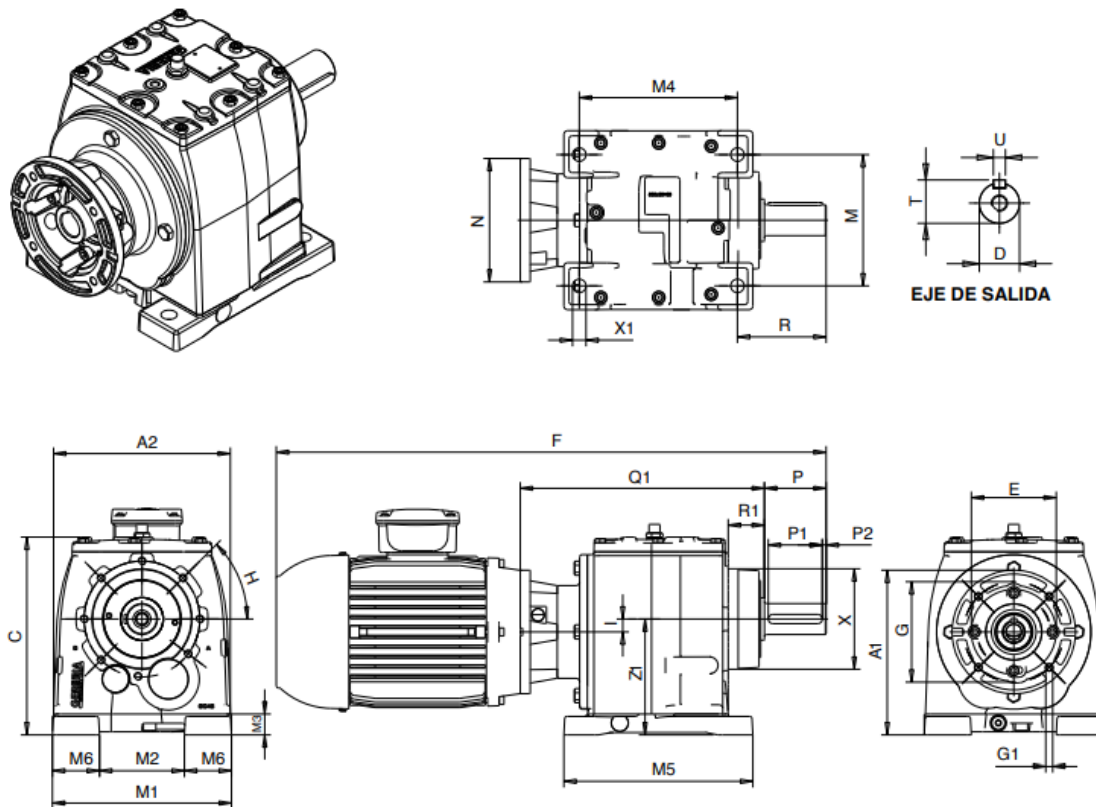


Ilustración 95

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>h</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1
GC 15	C63B14	129,45	141	162	20	60	410,8	75	5,8	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	90	40	30	5	178,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90
	C71B14	136,95				70	439,5	85	6,5										105				179,5							
	C80B14	144,45				80	466	100	6,5										120				190							
GC 25	C63B14	149,2	168	183,5	25	60	456,55	75	5,8	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	90	50	40	5	214,25	81	20	28	8	68	9	110
	C71B14	156,7				70	485,25	85	6,5										105				215,25							
	C80B14	164,2				80	509,25	100	6,5										120				223,25							
	C90B14	174,2				95	553,75	115	8,5										140				224,25							
GC 35	C71B14	150,5	174	195	30	70	514,5	85	6,5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	105	60	50	5	234,5	100,5	38,5	33	8	100	13,5	120
	C80B14	158				80	540,5	100	6,5										120				244,5							
	C90B14	168				95	574	115	8,5										140				244,5							
	C100B14	178				110	650,6	130	8,5										160				274,5							
	C112B14	178				135	660,6	130	8,5										160				274,5							
	C80B14	193,25				40	612,5	100	6,5										120				296,5							
GC 45	C90B14	203,25	229,2	256	35	40	646	115	8,5	*	16,75	170	232	110	27	205	245	61	140	70	55	7,5	296,5	105	47	38	10	130	17,5	150
	C100B14	213,25				40	656	115	8,5										140				316,5							
	C112B14	213,25				110	702,6	130	8,5										160				316,5							
	C132B14	233,25				130	805,3	165	11										200				326,5							

Ilustración 96

**Chaqueta de Calentamiento**

Calor necesario	34700000	kcal/h
Flujo de vapor necesario para calentar la mezcla	65920	kg/h
Densidad del vapor	0,596	kg/m <sup>3</sup>
	110603	m <sup>3</sup> /h
Calor latente de vaporización	9475,2	kcal/kmol
Peso molecular	1kmol/18kg	kmol/kg

Tabla 90

Área de transferencia de la chaqueta

Ecuación de diseño

$$Q = U_0 \times A_0 \times \Delta T_m$$

Tf: 250 °C

Ti: 75°C



Partiendo de un diámetro de tanque de  $D_t=5,9$  m, se puede encontrar de acuerdo a la relación de esbeltez de  $H/D=1$  y a través de la ecuación: que el área disponible para la de transferencia es:

$$A_T = 137 \text{ m}^2$$

Mientras que el área necesaria de intercambio de calor es de  $467 \text{ m}^2$ .

**Chaqueta de Calentamiento**

**Coefficiente global de transferencia de Calor** **UD=**  
**150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F**

**Cálculo del MLDT**

$$\Delta T_L = (120 - 70) - (250 - 70) / \ln((120 - 70) / (250 - 70))$$

**101,56**

**Área de transferencia**

<b>A</b>	466,7622251	m <sup>2</sup>
----------	-------------	----------------

Tabla 91

Dado que el área de intercambio es mayor que la del recipiente, es necesario implantar un serpentín interno que haga alcanzar la transferencia de calor necesaria.

$A_{SERPENTIN} = A_{INTERCAMBIO} - A_{RECIPIENTE} = 330 \text{ m}^2$  A partir de la diferencia entre áreas y suponiendo un diámetro de 5.00 cm de los tubos, podemos diseñar el serpentín deseado.

$$A = \pi d L_s = \sum \pi d_i n_i$$

d: diámetro externo del tubo del serpentín

$L_s$ : Longitud del serpentín

$D_s$ : Diámetro del serpentín, generalmente  $(0,9D_t)$  :5,71 m

$N_s$ ; espiras del serpentín:  $[H_s / e + 1]$ :

$H_s$ : la altura del serpentín. Usualmente  $H_s = 0,8H$ , donde H es la altura que alcanza la mezcla dentro del reactor (5,07m)

e, es la separación entre espiras adyacentes (por lo general, e varía entre 2d y 4d) .

Con estos datos obtenemos que son necesarias 117 vueltas de serpentín y llega a una altura de 5,07 m.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

#### **8.3.1.1.2 SV-201 Tanque de almacenamiento de Hidrógeno.**

El fluido de este tanque se encuentra en forma gaseosa y por lo tanto el tipo de tanque más conveniente es de tipo esférico. La presión recomendada es de 1,5 - 2,5 bar. Con este intervalo de presión se consigue reducir el riesgo y aumentar la seguridad, ya que se elimina un recipiente con material altamente inflamable a alta presión y se sustituye por uno de baja presión lo cual, a su vez, supone un ahorro en los costos de fabricación y diseño del propio tanque, ya que las paredes de este no deberán ser tan gruesas.

En caso de que en el tanque se diera una pequeña fuga, al ser la presión un poco mayor a la atmosférica, se escaparía el gas al exterior lo cual se detectaría y se podría arreglar, en cambio si ingresara aire atmosférico en el tanque, el hidrógeno se contaminaría y podría causar daños a la instalación y alterar la calidad del caudal.

##### *8.3.1.1.2.1 Geometría del tanque*

Teniendo un caudal de  $m = 3,3\text{kg/h}$ , se calcula el volumen correspondiente a dicha cantidad de kilos con un tiempo de retención de 20min para una presión de almacenamiento de 1,5 atm y una temperatura de 25°C.

Según la bibliografía (Planta de producción de Caprolactana, Aguilar Garrido Jordi, 2013) la normativa ASME plantea como temperatura de diseño:

$$T_d = T_0 + 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_d = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

Y una presión de diseño que para tanques a presión se calcula:

$$P_d = P_0 + 2,1 \text{ atm}$$

$$P_d = 3,6 \text{ atm}$$

Para dicha presión, temperatura y moles calculamos el volumen que deberá tener el tanque esférico:

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$V = 0,46 \text{ m}^3$$

$$V = 0,5 \text{ m}^3$$

$$F_s = 20 \%$$

$$V = 0,6 \text{ m}^3$$

Cálculo del radio del tanque:

$$V \text{ esfera} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$$

$$r = 0,52 \text{ m}$$

Cálculo del espesor y del diámetro exterior:

$$t = \frac{P \times Dc}{(2 \times S \times E) - (0,2 \times P)}$$

$$Pd = 3,72 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Di = 104 \text{ cm}$$

$$S = 450 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E = 0,8$$

$$t_{\min} = 0,54 \text{ cm}$$

$$De = 106 \text{ cm} = 1,06 \text{ m}$$

Siendo:

*t*: espesor del recipiente

*Pd*: presión de diseño

*Di*: diámetro interno

*De*: Diámetro externo

*S*: tensión del acero

*E*: eficiencia de uniones soldadas

*t<sub>min</sub>*: espesor mínimo

### 8.3.2 Reactor de Hidrogenación (R-201)

En el reactor, el ácido 4-formil benzoico es reducido a ácido para-toluico, y varios cuerpos coloreados son hidrogenados a productos incoloros. La sustancia resultante, p-TOL tiene la

capacidad de ser soluble en agua en lugar de 4-CBA que es insoluble y permite la eliminación de 4-CBA de la solución acuosa de ácido tereftálico.

La actividad catalítica no causa una pérdida de rendimiento significativa ya que el mismo es superior al 97%; la hidrogenación de grupos arilo y la reducción de los grupos carboxilo proceden a velocidades muy bajas.

El efecto global del paso de hidrogenación es la conversión de impurezas a formas que permanecen en el licor madre durante la cristalización.

La presión en el reactor es mantenida por encima de la presión parcial de vapor para mantener una fase líquida y asegurar un suministro adecuado de hidrógeno. La temperatura del reactor es la misma que en el tanque de disolución y la reacción es una reacción endotérmica. La misma consume estequiométricamente un mol de 4-CBA y dos moles de gas hidrógeno para producir un mol de agua y un mol de p-TOL.

El tipo de reactor para esta reacción es un reactor de lecho fijo con dos capas de lecho de catalizador.

Para el diseño de dicho reactor se utilizó la Patente no. 4892972, Purificación de ácido tereftálico crudo, en donde se encuentran parámetros tales como velocidad espacial, espesor del lecho, carga de catalizador metálico, relación de volumen de la primera capa de catalizador a la segunda capa de catalizador y la relación molar de los catalizadores metálicos. Los catalizadores que se indican en esta patente es rodio sobre carbón activado y paladio sobre catalizador de carbón activado.

Al usar los parámetros dados, se puede calcular el volumen, la altura y el diámetro del reactor.

El tiempo de residencia en el reactor es de una hora y media.

### 8.3.2.1 Dimensionamiento del reactor

#### **REACTOR DE HIDROGENACIÓN**

Reactor tanque agitado continuo de  
mezcla perfecta.

#### **DATOS GENERALES**

$t$	1,5	h
$d$	1017,7	kg/m <sup>3</sup>
$e$	1,017	
$\mu$	0,000672	
$P$	68	atm
$T$	250	°C
$XA$	0,95	

Tabla 92

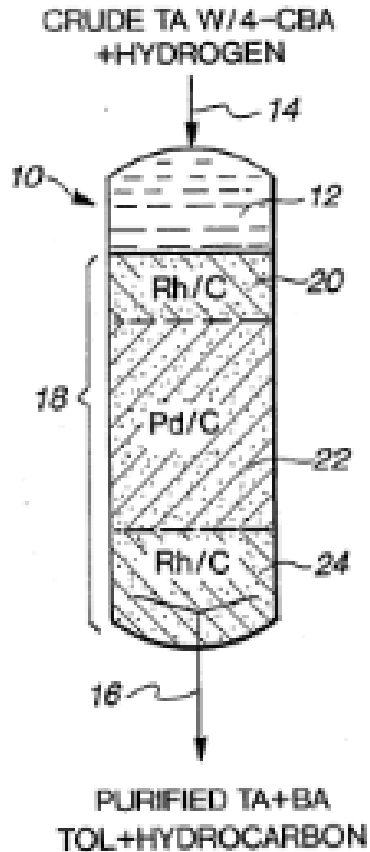


Ilustración 97

#### 8.3.2.1.1 Características del diseño

La solución que abandona el tanque de dilución fluye a través de un reactor de hidrogenación en donde se agrega hidrógeno que se disuelve en la solución de alimentación.

El ácido 4-formilbenzoico se hidrogena a ácido p-toluico reduciendo su composición a menos de 50 ppm.

El catalizador utilizado es de paladio soportado sobre carbón y es altamente selectivo.

La pérdida de TPA por reducción de ácido carboxílico o hidrogenación de anillo es del 1%.

Se utiliza 3 moles en exceso de hidrógeno sobre la cantidad estequiométrica requerida para las principales impurezas reducibles.

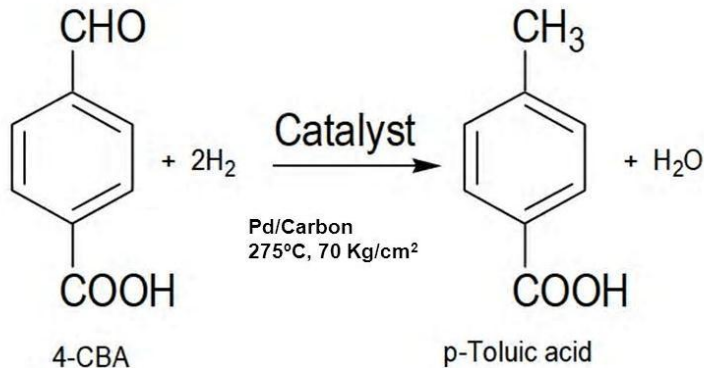


Ilustración 98

Al utilizarse hidrógeno puro no existe resistencia a la transferencia de masa en la fase gaseosa. Teniendo en cuenta el tipo de reactor y que el tamaño de partícula empleado es pequeño, se considera que el factor de eficiencia para el catalizador es cercano a la unidad y por lo tanto no existen problemas de difusión interna.

Nº	Parámetro	Valor
1	Velocidad espacial 1/h	13
2	Carga de catalizador de rodio % en peso	0,5
3	Carga de catalizador de paladio % en peso	1,5
4	Relación de volumen de la primera capa de catalizador a la segunda	0,1
5	Espesor mínimo del catalizador de primera capa	0,025
6	Densidad del catalizador (promedio) g/cm <sup>3</sup>	0,5
7	Caudal Másico de la entrada kg/h	169002
8	Factor de seguridad	1,75

Tabla 93



<b>Masa del catalizador</b>	<b>13000,16</b>	<b>kg</b>
<b>Volumen de catalizador</b>	26	m <sup>3</sup>
<b>Volumen del recipiente</b>	45,50	m <sup>3</sup>
<b>Diámetro adoptado</b>	3	m
<b>Altura del recipiente</b>	6,37	m
	6,5	M
<b>Altura de la capa total del catalizador</b>	3,68	m
	3,7	M
<b>Altura de la primera capa del catalizador</b>	0,35	m
<b>Volumen de la 1a capa de catalizador</b>	2,36	m <sup>3</sup>
	>0,025	

Tabla 94

La relación de volumen de la primera capa de catalizador a la segunda capa de catalizador (1:10) y por lo tanto se puede calcular el volumen de la primera capa de catalizador.

Por lo tanto, el diámetro del recipiente de 3 m es aceptable con una relación altura / diámetro de 2,33.

Se desea obtener el grosor de la pared del reactor, el grosor del techo abovedado y también el grosor de la boca de hombre. Los grosores del recipiente deben determinarse

cuidadosamente para garantizar la seguridad del recipiente y también la vida útil del recipiente.

<b>Material de construcción (acero al carbono), resistencia a la tracción, N / mm<sup>2</sup></b>	<b>360</b>
<b>Material de construcción (acero al carbono), tensión de diseño a 200°C, N / mm<sup>2</sup></b>	105
<b>Material de construcción (acero al carbono), tensión de diseño a 25°C, N / mm<sup>2</sup></b>	135
<b>Eficiencia conjunta de la carcasa, J (tope doble soldado, radiografía 100%)</b>	1
<b>Presión interna, N / mm<sup>2</sup></b>	2
<b>Diámetro interno del vaso, mm</b>	3000
<b>Cp (boca de hombre)</b>	0,4
<b>Diámetro del círculo del perno (boca de hombre),mm</b>	700
<b>Cv(peso del recipiente)</b>	1,08
<b>Aislamiento (lana mineral), densidad, kg/m<sup>3</sup></b>	130
<b>Presión del viento (160Kmph), n/m<sup>2</sup></b>	1280
<b>Espesor de la falda de soporte(supuesto), mm</b>	34
<b>Módulo joven de acero al carbono, N/m<sup>2</sup></b>	200000
<b>Ángulo de la falda del soporte (falda cónica), o</b>	80
<b>Diámetro de la falda, mm</b>	2700

Tabla 95

### 8.3.2.1.2 Cálculo del espesor del recipiente

La ecuación empleada es la siguiente:

$$e = \frac{P_i D_i}{2f - P_i}$$

$e$  = espesor mínimo de las paredes

El espesor de pared mínimo práctico para este recipiente se establece como 11 mm.

$$e = 28,85$$

$$29 > 11$$

El valor de 29 mm es el espesor mínimo de pared para el hidrogenador. El valor debe aumentar para la parte inferior del recipiente, por lo tanto, se agregan 5mm.

El grosor del fondo del recipiente es de 34 mm. Mientras tanto, para el extremo del domo del reactor, se elige el tipo elipsoidal y se usa la siguiente ecuación:

$$e = \frac{P_i D_i}{2Jf - 0.2P_i}$$

$$e = 28,62$$

$$e = 29 \text{ mm}$$

Para el fondo del recipiente, se agrega un espesor adicional de 5 mm para compensar el peso del recipiente.

El grosor del domo inferior es de 34 mm.

### 8.3.3 Diseño de Cristalizadores

La operación de los cristalizadores consiste básicamente en someter el magma caliente (es decir, el ácido Tereftálico en solución acuosa), a un descenso de temperatura, (de 250 a 80 °C) para propiciar la formación de los cristales.

Se utiliza el modelo de velocidad de formación de los cristales de TPA a partir de datos experimentales:

$$\frac{d(C - C_{sat})}{dt} = k_g(C - C_{sat})^g$$

De la bibliografía<sup>2</sup>, más precisamente de los trabajos experimentales de Allan S. Myerson y colaboradores, se han obtenido para una solución acuosa de ácido acético, las siguientes constantes de cristalización:

$$k_g = 2.037 \times 10^{-8} \quad y \quad g = 0.805$$

Estos parámetros se emplearon para determinar el tiempo de la operación de cristalización de 2 horas. Con este modelo se determina también que los cristales obtenidos tienen un tamaño de partícula de entre 200 y 300 mallas (0.054 – 0.074 mm).

Uno de los mayores problemas asociados con el proceso de recuperación de cristalización es la potencial contaminación de los cristales de TPA purificados con p-TA. Se busca evitar el choque o enfriamiento brusco y el enfriamiento gradual se logra en una serie de cristalizadores minimizando la Co-precipitación de las impurezas. El proceso de

---

<sup>2</sup> Purification of Terephthalic acid by crystal Agign, Pamela M. Brown, Michael Marquering and Allan S. Myerson, Departamento de Ingeniería Química del Instituto Politécnico de Brookling.

cristalización se lleva a cabo en un total de 2 h, en las cuales el producto estará una hora en cada cristalizador.

**4to Cristalizador: 160 °C**

**5to Cristalizador: 80 °C**

### 8.3.3.1 *Cristalizador CR-201*

*DATOS*

<i>T<sub>i</sub></i>	250
<i>T<sub>f</sub></i>	160
<i>kg</i>	2,037E-08
<i>g</i>	0,805
<i>t</i>	1 h
<i>T<sub>part.</sub></i>	0,054-0,074
<i>d</i>	926,01

Tabla 96

Teniendo en cuenta el caudal volumétrico que sale del reactor directo al cristalizador se tiene:

*VOLUMEN DEL CRISTALIZADOR*

<i>Volumen</i>	182,23	m <sup>3</sup> /h
<i>V mezclador</i>	182,23	m <sup>3</sup>
	190	m <sup>3</sup>
<i>V de operación</i>	0,96	

*ESPECIFICACIONES*

*Relación de esbeltez*                      e= H/D

*Ecuación de diseño*     $V= ((\pi * Dt^2)/4)*H$

*diámetro*                                      Dt              4,94

*Altura*    Ht              9,89

*Espesor*                                         E                4,76

*Área Total*

$$A_{Total} = \pi D_R L_R + 2\pi \left(\frac{D_R}{2}\right)^2 1.23$$

205,28    m2

*Presión de diseño:*                              10              atm

*Tensión del acero:*                            450              atm

*Eficiencia de las uniones:*                    0,8

*Material de construcción*                      Acero inoxidable AISI 316

*Temperatura de trabajo*                        160              °C

*Temperatura de diseño*                        250              °C

*Presión absoluta de trabajo*                    9                atm

*Presión diseño*                                    10              atm

<i>Tapa</i>	semiesférica
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Espesor cilindro</i>	4,76 mm

Tabla 97

### 8.3.3.1.1 Diseño del agitador

La agitación se realiza mediante turbinas de disco con flujo radial debido a que son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	10	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da	1,67 m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	1,67 m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,33 m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W	0,33 m
<i>Ancho de los deflect.</i>	J/Dt=0,1	J	0,17 m

Tabla 98

*Potencia del agitador*

	$P / V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu} 4)$	
$\mu$	0,000672	lb/ft.s
$C$	0,033	
$PE$	926	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,34	
$VL$	190	m <sup>3</sup>
$P$	60	CV
$Da$	1,67	m
$pe$	0,926	
$Kt$	6,3	
$gc$	9,81	kg.m/kgf.s
$n$	130	rpm

Tabla 99

**Revoluciones por segundo 2,17**

**Densidad 926**

**Número de Reynolds 8,68**

**Número de Potencia 5**

**Potencia 60**

Tabla 100



### 8.3.3.1.2 Adopción del motor del agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de Hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, una alta resistencia a la corrosión alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 60 CV y la necesaria para el moto reductor es de 1 CV se adopta un motor de 60 CV.

#### *Características*

- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP
- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355
- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC
- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión
- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Modelo	Potencia (kw)	Potencia (hp)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EFF (%)	Factor Potencia	Rotor Cerrado Carga total	Rotor Cerrado Corriente total	Max Carga total
1000 RPM (6 polos)										
Y2-711-6	0.18	0,25	380	0.74	900	56	0.66	2.2	4.0	2.2
Y2-712-6	0.25	0,33	380	0.94	900	59	0.68	2.0	4.0	2.2
Y2-801-6	0.37	0,5	380	1.3	900	62	0.70	2.0	5.0	2.2
Y2-802-6	0.55	0,75	380	1.8	900	65	0.72	2.0	5.0	2.2
Y2-90S-6	0.75	1	380	2.3	910	69	0.72	2.0	5.5	2.2
Y2-90L-6	1.1	1,5	380	3.2	910	72	0.73	2.0	5.5	2.2
Y2-100L-6	1.5	2	380	3.9	940	76	0.76	2.0	5.5	2.2
Y2-112M-6	2.2	3	380	5.6	940	79	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132S-6	3.0	4	380	7.4	960	81	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M1-6	4.0	5,5	380	9.7	960	82	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M-6	5.5	7,5	380	12.9	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y2-160M	7.5	10	380	16.5	970	86	0.80	2.0	6.5	2.0
Y2160L-6	11.0	15	380	24.1	970	87.5	0.79	2.0	6.5	2.0
Y2-180L-6	15.0	20	380	31.5	970	89	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L1-6	18.5	25	380	38.5	970	90	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L2-6	22.0	30	380	44.6	970	90	0.83	2.0	7.0	2.0
Y2-225M-6	30.0	40	380	59.3	980	91.5	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-280M1-6	37.0	50	380	74.8	980	93.0	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-280S-6	45.0	60	380	86.0	980	92.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M1-6	55.0	75	380	109	990	92.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315S-6	75	100	380	141	990	93.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M-6	90	125	380	169	990	93.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L1-6	110	150	380	206	990	94.0	0.86	2.0	6.7	2.0
Y2-315L2-6	132	180	380	244	990	94.2	0.87	2.0	6.7	2.0
Y2-355M1-6	160	220	380	292	990	94.5	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355M2-6	200	270	380	365	990	94.7	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355L-6	250	340	380	455	990	94.9	0.88	1.9	6.7	2.0

Ilustración 99

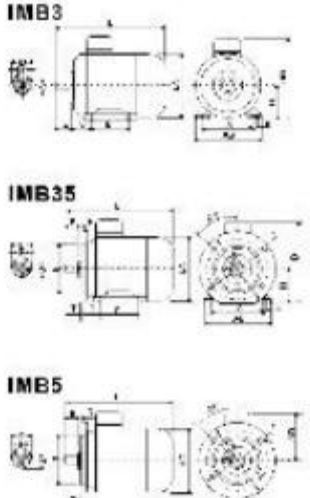


TABLA DE RODAMIENTO			
Carcasa	Polos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-4	620222C3	620222C3
80	2-8	620422C3	620422C3
90	2-8	620622C3	620622C3
100	2-8	620622C3	620622C3
112	2-8	630622C3	630322C3
132	2-8	630822C3	630822C3
160	2	630922C3	630922C3
180	2	6311C3	6311C3
	4-8		
200	2	6312C3	6312C3
	4-8		
225	2	6313C3	6313C3
	4-8		
250	2	6314C3	6314C3
	4-8		
280	2	6314C3	6314C3
	4-8		
315	2	6317C3	6317C3
	4-8		
355	2	6317C3	6317C3
	4-10		
355	2	6319C3	6319C3
	4-10		
355	2	6319C3	6319C3
	4-10		
355	2	6322C3	6322C3
	4-10		

Ilustración 100

### 8.3.3.1.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cuál reduce de 1000 revoluciones por minuto que posee el motor a las 130 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales

GC25/2R	7.33	3.00	2.20	87.2	232.0	2.87	2.00	1.50	70.6	191.1	3.54	1.50	1.10	64.5	157.0	3.88	96%
	8.64	3.00	2.20	102.9	196.7	2.43	2.00	1.50	83.3	162.0	3.00	1.50	1.10	76.0	133.1	3.29	96%
	10.31	3.00	2.20	122.7	164.9	2.04	2.00	1.50	99.4	135.8	2.52	1.50	1.10	90.7	111.5	2.76	96%
	12.49	3.00	2.20	148.7	136.1	1.68	2.00	1.50	120.4	112.1	2.08	1.50	1.10	109.9	92.1	2.27	96%
	15.47	3.00	2.20	184.1	109.9	1.36	2.00	1.50	149.0	90.5	1.68	1.50	1.10	136.1	74.4	1.84	96%
	17.08	3.00	2.20	203.3	99.5	1.23	2.00	1.50	164.6	82.0	1.52	1.50	1.10	150.2	67.3	1.66	96%
	19.93	3.00	2.20	237.2	85.3	1.05	2.00	1.50	192.0	70.3	1.30	1.50	1.10	175.3	57.7	1.43	96%
	21.91	3.00	2.20	260.8	77.6	1.00	2.00	1.50	211.1	63.9	1.18	1.50	1.10	192.8	52.5	1.30	96%
	24.25	2.00	1.50	192.5	70.1	1.30	2.00	1.50	233.7	57.7	1.07	1.50	1.10	213.4	47.4	1.17	96%
	27.07	2.00	1.50	214.8	62.8	1.16	2.00	1.50	250.0	51.7	1.00	1.50	1.10	238.1	42.5	1.05	96%

Ilustración 101

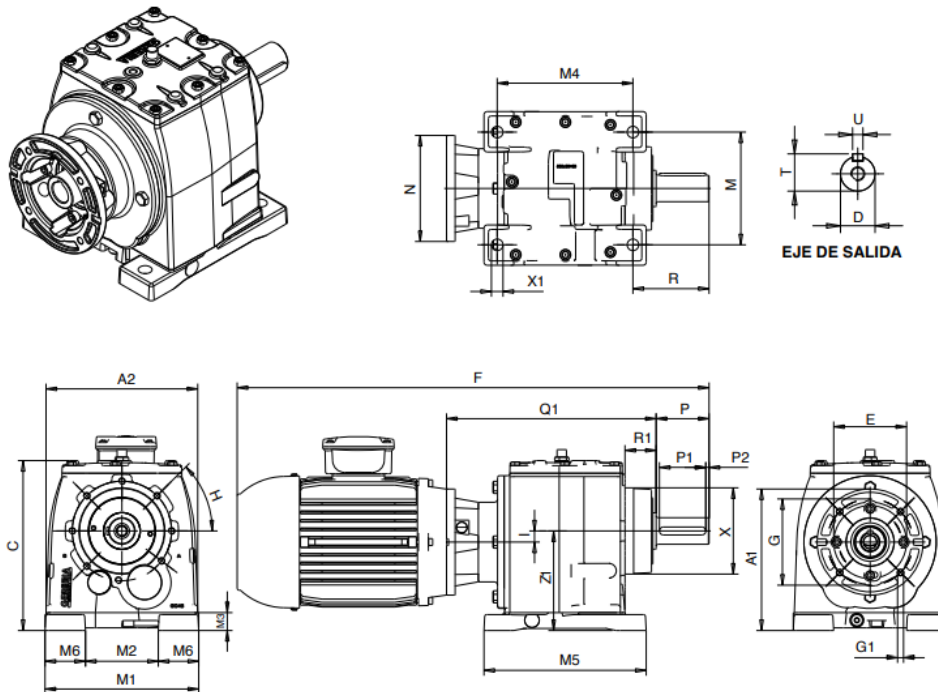


Ilustración 102

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>h</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1
GC 15	C63B14	129,45			20	60	410,8	75	5,8	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	90				178,5							
	C71B14	136,95	141	162		70	439,5	85	6,5										105	40	30	5	179,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90
GC 25	C63B14	149,2			25	60	456,55	75	5,8	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	90				214,25							
	C71B14	156,7	168	183,5		70	485,25	85	6,5										105	50	40	5	215,25	81	20	28	8	68	9	110
	C80B14	164,2				80	509,25	100	6,5										120				223,25							
	C90B14	174,2				95	553,75	115	8,5										140				224,25							
GC 35	C71B14	150,5			35	70	524,5	85	6,5	*	22	135	180	80	20	165	195	50	105				234,5							
	C80B14	158	174	195		80	540,5	100	6,5										120			5	244,5	90,5	38,5			100	13,5	120
	C90B14	168			35	95	574	115	8,5										140				244,5	90,5						
	C100B14				30*	110	650,6	130	8,5										160				274,5	90,5						
	C112B14	178			35	130	660,6	150	11										200				274,5	100,5						
GC 45	C80B14	193,25			35*	80	602,5	100	6,5	*	16,75	170	232	110	27	205	245	61	120				296,5	105						
	C90B14	203,25	229,2	256	40	95	612,5	115	8,5										140				296,5	105						
	C100B14				35*	110	702,6	130	8,5										160				316,5	105	47			130	17,5	150
	C112B14	213,25			40	130	712,6	150	11										200				316,5	115						
	C132B14	233,25			35*	130	805,3	165	11										200				326,5	105						

Ilustración 103

### 8.3.3.1.4 Diseño de la Chaqueta de enfriamiento

En la Tabla 8 del Kern, se obtiene un valor de U para un enfriador que opera con solución orgánica como fluido caliente y agua como fluido frío.

#### Chaqueta de Enfriamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor

UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Cálculo del MLDT

$$\Delta T_L = (170 - 40) - (250 - 25) / \ln((170 - 40) / (250 - 25))$$

173

Área de transferencia

A 1309

ft<sup>2</sup>

A 121

m<sup>2</sup>

Tabla 101

El área de transferencia disponible es de 205 m<sup>2</sup> y el área necesaria es de 121 m<sup>2</sup> por lo tanto la chaqueta es suficiente.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

Se calcula el flujo de agua necesario para la chaqueta de enfriamiento de acuerdo al calor que debe ser removido. Se toma como límite de calentamiento de dicha agua 40 °C (104 °F) debido a que esta pasará posteriormente a una torre de enfriamiento para reutilizarse.

**W 2231349 lb/h**

**Q 35743 ft<sup>3</sup>/h**

**1012 m<sup>3</sup>/h**

Tabla 102

### 8.3.3.2 *Cristalizador CR-202*

#### DATOS

<i>T<sub>i</sub></i>	160
<i>T<sub>f</sub></i>	80
<i>kg</i>	2,037E-08
<i>g</i>	0,805
<i>t</i>	1 h
<i>T<sub>part.</sub></i>	0,054-0,074
<i>d</i>	926,01

Tabla 103

Teniendo en cuenta el caudal volumétrico que sale del reactor directo al cristalizador se tiene:

*VOLUMEN DEL CRISTALIZADOR*

<i>Volumen</i>	182,23	m <sup>3</sup> /h
<i>V mezclador</i>	182,23	m <sup>3</sup>
	190	m <sup>3</sup>
<i>V de operación</i>	0,96	

*ESPECIFICACIONES*

*Relación de esbeltez*            E = 2 = H/D

*Ecuación de diseño*             $V = ((\pi * Dt^2)/4) * H$

<i>diámetro</i>	Dt	4,94
<i>Altura</i>	Ht	9,89
<i>Espesor</i>	E	4,76

*Área Total*

$$A_{Total} = \pi D_R L_R + 2\pi \left(\frac{D_R}{2}\right)^2 1.23$$

205,28	m <sup>2</sup>
--------	----------------

*Presión de diseño:*            2 atm

<i>Tensión del acero:</i>	450 atm
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Temperatura de trabajo</i>	80 °C
<i>Temperatura de diseño</i>	160 °C
<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1 atm
<i>Presión diseño</i>	2 atm
<i>Tapa</i>	semiesférica
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Espesor cilindro</i>	4,76 mm

*Tabla 104*

### 8.3.3.2.1 Diseño del agitador

La agitación se realiza mediante turbinas de disco con flujo radial debido a que son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, y en líquidos poco viscosos producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales, dando lugar a vórtices y torbellinos, que deben ser evitados mediante placas deflectoras.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos.*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	10	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da	1,67 m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E	1,67 m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L	0,33 m

Ancho de las palas

W/Da=0,2      W    0,33    m

Ancho de los deflect.

J/Dt=0,1      J      0,17    m

Tabla 105

**Potencia del agitador**

	$P / V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu 4})$	
$\mu$	0,000672	lb/ft.s
$C$	0,033	
$PE$	926	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,34	
$VL$	190	m <sup>3</sup>
$P$	60	CV
$Da$	1,67	m
$pe$	0,926	
$Kt$	6,3	
$gc$	9,81	kg.m/kgf.s
$n$	<b>130</b>	<b>rpm</b>

Tabla 106



<i>Revoluciones por segundo</i>	2,17
<i>Densidad</i>	926
<i>Número de Reynolds</i>	8,68
<i>Número de Potencia</i>	5
<i>Potencia</i>	60

Tabla 107

### 8.3.3.2.2 Adopción del motor del agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor MEC trifásico modelo Y2 carcasa de Hierro. El mismo tiene una eficiencia estándar, una alta resistencia a la corrosión alto poder de torque en el arranque.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 60 CV y la necesaria para el moto reductor es de 1 CV se adopta un motor de 60 CV.

#### *Características*

- Grado de protección: IP55
- Tensiones nominales: 220/380V hasta 4 kW
- Formas constructivas B3-B35
- Potencias: desde 0,16 HP hasta 430HP
- Rotor Jaula de Ardilla/ Aluminio Inyectado
- Reten en las tapas
- Clase de aislamiento F
- Cuerpo desde 63 a 355
- Temperatura ambiente entre 15°C y 40 °C.
- Placa de conexiones 6 terminales
- Termistores PTC

- Apto para variadores
- Polos 2-4-6-8-10
- Velocidades 3000-1500-1000-750-600 rpm
- Resistencia a la corrosión
- Certificación eléctrica según Normas IEC
- Chavetas y protección provistas.

Modelo	Potencia (kw) (hp)		Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	EFF (%)	Factor Potencia	Rotor Cerrado		Max. Cupla
								Carga total	Carga total	
<b>1000 RPM (6 polos)</b>										
Y2-711-6	0.18	0,25	380	0.74	900	56	0.66	2.2	4.0	2.2
Y2-712-6	0.25	0,33	380	0.94	900	59	0.68	2.0	4.0	2.2
Y2-901-6	0.37	0,5	380	1.3	900	62	0.70	2.0	5.0	2.2
Y2-902-6	0.55	0,75	380	1.8	900	65	0.72	2.0	5.0	2.2
Y2-90S-6	0.75	1	380	2.3	910	69	0.72	2.0	5.5	2.2
Y2-90L-6	1.1	1,5	380	3.2	910	72	0.73	2.0	5.5	2.2
Y2-100L-6	1.5	2	380	3.9	940	74	0.74	2.0	5.5	2.2
Y2-112M-6	2.2	3	380	5.6	940	79	0.74	2.0	6.5	2.2
Y2-132S-6	3.0	4	380	7.4	960	81	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M1-6	4.0	5,5	380	9.7	960	82	0.76	2.0	6.5	2.2
Y2-132M-6	5.5	7,5	380	12.9	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y2-160M	7.5	10	380	16.5	970	86	0.80	2.0	6.5	2.0
Y2-160L-6	11.0	15	380	24.1	970	87.5	0.79	2.0	6.5	2.0
Y2-180L-6	15.0	20	380	31.5	970	89	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L1-6	18.5	25	380	38.5	970	90	0.81	2.0	7.0	2.0
Y2-200L2-6	22.0	30	380	44.6	970	90	0.83	2.0	7.0	2.0
Y2-225M-6	30.0	40	380	59.3	980	91.5	0.84	2.0	7.0	2.1
Y2-280S-6	45.0	60	380	86.0	980	92.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315M-6	75	100	380	141	990	93.5	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L1-6	90	125	380	169	990	93.8	0.86	2.0	7.0	2.0
Y2-315L2-6	110	150	380	206	990	94.0	0.86	2.0	6.7	2.0
Y2-315L2-6	132	180	380	244	990	94.2	0.87	2.0	6.7	2.0
Y2-355M1-6	160	220	380	292	990	94.5	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355M2-6	200	270	380	365	990	94.7	0.88	1.9	6.7	2.0
Y2-355L-6	250	340	380	455	990	94.9	0.88	1.9	6.7	2.0

Ilustración 104

**IMB3**

**IMB35**

**IMB5**

TABLA DE RODAMIENTO			
Carcasa	Polos	Rodamiento Delantero	Rodamiento Trasero
63	2-4	620122C3	620122C3
71	2-4	620222C3	620222C3
80	2-8	620422C3	620422C3
90	2-8	620522C3	620522C3
100	2-8	620622C3	620622C3
112	2-8	630622C3	630322C3
132	2-8	630822C3	630822C3
160	2	630922C3	630922C3
	4-8		
180	2	6311C3	6311C3
	4-8		
200	2	6312C3	6312C3
	4-8		
225	2	6313C3	6313C3
	4-8		
250	2	6314C3	6314C3
	4-8		
280	2	6314C3	6314C3
	4-8	6317C3	6317C3
	2	6317C3	6317C3
315	4-10	NJ319C3	6319C3
	2	6319C3	6319C3
355	4-10	NJ322C3	6322C3

Carcasa	Polos	Dimensiones Montajes														Dimensiones Brida										
		A	A/2	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R*	S	T	Agujeros	AR	AC	AD	HD	L	DH		
63	FF115	2, 4	100	50	80	40	11	23	4	8,5	63	115	95	140			3		135	130	70	180	230	M4x12		
71	FF130	2, 4, 6	112	56	90	45	14	30	5	11	71	130	110	160			10		150	145	80	195	255	M5x12		
80			125	62,5	100	50	19	40	6	15,5	80							165	175	145	220	295	M4x16			
90S	FF165		140	70	100	56	24	50		20	90	10	165	130	200			12	3,5	180	195	155	250	320	M8x19	
90L			125							8													345			
100L	FF215		160	80	140	63	28	60		24	100	215	180	250				15	4	205	215	180	270	385	M10x22	
112M			190	95	140	70				112										230	240	190	300	400		
132S	FF265	2, 4, 6, 8	216	108	140	89	38	80	10	33	132	265	230	300						270	275	210	345	470	M12x28	
132M					179																		510			
160M			254	127	210	108	42			12	37	160								320	330	255	420	615		
160L					254																		670			
180M	FF300		279	139,5	241	121	48	110		14	42,5	180	300	250	350					355	380	280	455	700	M16x36	
180L					279																		740			
200L	FF350		318	159	305	133	55			16	49	200	350	300	400	0				395	420	305	505	770		
225S		4, 8			286		60	140	18	53													815			
225M	FF400	2	356	178	311	149	55	110	16	49	225	400	350	450			19	5	435	470	335	560	820			
		4, 6, 8																					845			
250M		2	406	203	349	168	60			53										490	510	370	615	910		
		4, 6, 8					65			18	58															
280S	FF500	2			368		65					24	500	450	550								985			
		4, 6, 8				190	75	140	20	67,5	280									550	580	410	680	1035	M20x42	
280M		2	457	228,5		419	75			20	67,5															
		4, 6, 8					65			18	58															
315S		2			406		65			18	58												1160			
		4, 6, 8, 10					80	170	22	71													1270			
315M	FF600	2	508	254	457	216	65	140	18	58										365	645	530	845	1300		
		4, 6, 8, 10					80	170	22	71	315	600	550	660									1190			
315L		2			508		65	140	18	58														1300		
		4, 6, 8, 10					80	170	22	71	28													1500		
355M		2			560		75	140	20	67,5														1530		
		4, 6, 8, 10				254	95	170	25	86	355	740	680	800						730	710	655	1010	1500		
355L	FF740	2	610	305			75	140	20	67,5														1500		
		4, 6, 8, 10					95	170	25	86														1530		

Ilustración 105

### 8.3.3.2.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cual reduce de 1000 revoluciones por minuto que posee el motor a las 130 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.

GC25/2R	7.33	3.00	2.20	87.2	232.0	2.87	2.00	1.50	70.6	191.1	3.54	1.50	1.10	64.5	157.0	3.88	96%
	8.64	3.00	2.20	102.9	196.7	2.43	2.00	1.50	83.3	162.0	3.00	1.50	1.10	76.0	133.1	3.29	96%
	10.31	3.00	2.20	122.7	164.9	2.04	2.00	1.50	99.4	135.8	2.52	1.50	1.10	90.7	111.5	2.76	96%
	12.49	3.00	2.20	148.7	136.1	1.68	2.00	1.50	120.4	112.1	2.08	1.50	1.10	109.9	92.1	2.27	96%
	15.47	3.00	2.20	184.1	109.9	1.36	2.00	1.50	149.0	90.5	1.68	1.50	1.10	136.1	74.4	1.84	96%
	17.08	3.00	2.20	203.3	99.5	1.23	2.00	1.50	164.6	82.0	1.52	1.50	1.10	150.2	67.3	1.66	96%
	19.93	3.00	2.20	237.2	85.3	1.05	2.00	1.50	192.0	70.3	1.30	1.50	1.10	175.3	57.7	1.43	96%
	21.91	3.00	2.20	260.8	77.6	1.00	2.00	1.50	211.1	63.9	1.18	1.50	1.10	192.8	52.5	1.30	96%
	24.25	2.00	1.50	192.5	70.1	1.30	2.00	1.50	233.7	57.7	1.07	1.50	1.10	213.4	47.4	1.17	96%
	27.07	2.00	1.50	214.8	62.8	1.16	2.00	1.50	250.0	51.7	1.00	1.50	1.10	238.1	42.5	1.05	96%

Ilustración 106

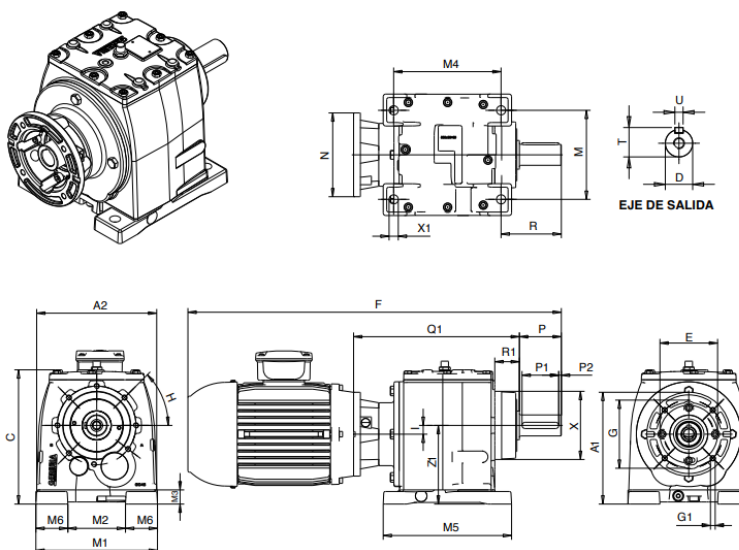


Ilustración 107

### 8.3.3.2.4 Diseño de la Chaqueta de enfriamiento

En la Tabla 8 del Kern, se obtiene un valor de U para un enfriador que opera con solución orgánica como fluido caliente y agua como fluido frío.

#### Chaqueta de Enfriamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor UD= 150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

#### Cálculo del MLDT

$$\Delta TL = (80 - 40) - (160 - 25) / \ln((80 - 40) / (160 - 25))$$

78

#### Área de transferencia

A	2636	ft <sup>2</sup>
A	244	m <sup>2</sup>

Tabla 108

Debido a que el área de transferencia disponible (205 m<sup>2</sup>) es menor que el área de transferencia necesaria (244 m<sup>2</sup>) se requiere colocar un serpentín.

$A_{SERPENTIN} = A_{INTERCAMBIO} - A_{RECIPIENTE} = 39 \text{ m}^2$ . A partir de la diferencia entre áreas y suponiendo un diámetro de 5.00 cm de los tubos, podemos diseñar el serpentín deseado.

$$A = \pi d L_s = \sum^2 d D_s n_s$$

d: diámetro externo del tubo del serpentín

L<sub>s</sub>: Longitud del serpentín

D<sub>s</sub>: Diámetro del serpentín, generalmente (0,9D<sub>t</sub>) :4,45 m

$N_s$ ; espiras del serpentín:  $[H_s / e + 1]$ :

$H_s$ : la altura del serpentín. Usualmente  $H_s = 0,8H$ , donde  $H$  es la altura que alcanza la mezcla dentro del reactor (8 m)

$e$ , es la separación entre espiras adyacentes (por lo general,  $e$  varía entre  $2d$  y  $4d$ ).

Con estos datos obtenemos que son necesarias 18 vueltas de serpentín y llega a una altura de 8 m.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

Se calcula el flujo de agua necesario para la chaqueta de enfriamiento de acuerdo al calor que debe ser removido. Se toma como límite de calentamiento de dicha agua  $40\text{ }^\circ\text{C}$  ( $104\text{ }^\circ\text{F}$ ) debido a que esta pasará posteriormente a una torre de enfriamiento para reutilizarse.

**W 1850497 lb/h**

**Q 29642 ft<sup>3</sup>/h**

**840 m<sup>3</sup>/h**

Tabla 109

#### 8.3.4 Diseño y adopción del Decantador centrífugo S-201

Un equipo de separación mecánica sólido-líquido debe funcionar adecuadamente en servicio, tanto inicialmente como a largo plazo. Tiene que operar con fiabilidad y con suficiente flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones normales de las condiciones del proceso y requerir poco mantenimiento y reparaciones.

##### 8.3.4.1 Selección del equipo

La selección tiene que tener en cuenta el tamaño, tipo y el material de construcción específico necesario para el proceso. Se debe considerar las capacidades y limitaciones de los equipos disponibles.

En la siguiente figura se indica la zona de trabajo de las diferentes técnicas de separación mecánica sólido-líquido:

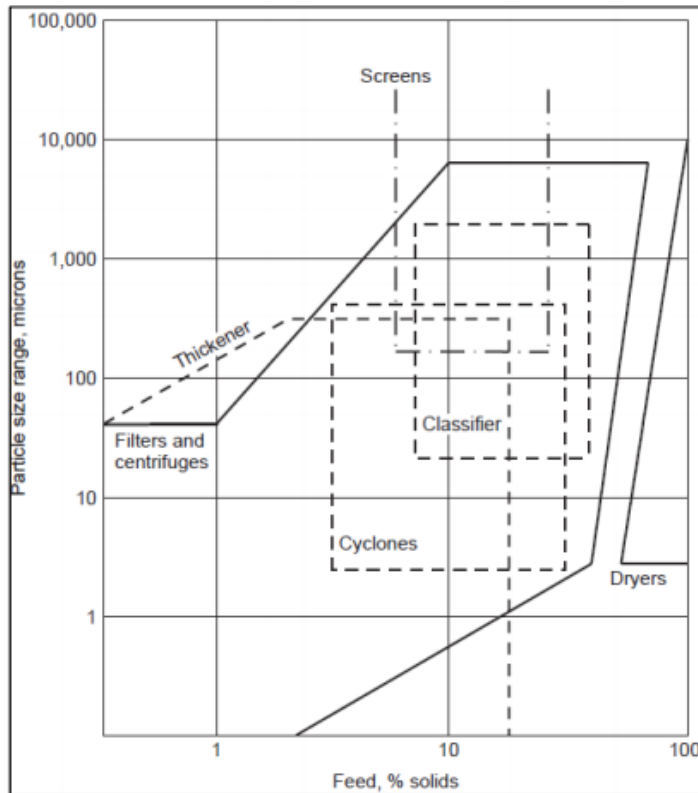


Ilustración 108

FUENTE: Dahlstrom Cornell, Chemical Engineering

A continuación, se detallan los equipos de sedimentación sólidos/líquidos que existen y sus características:



Equipo	Uso típico	Tamaño de partícula [µm]	Concentración de la alimentación [%]	Fuerzas G	Método de separación	Técnica de separación	Proceso		
Espesador circular	Espesamiento a gran escala y deliquorización de sólidos desde suspensiones relativamente diluidas.	0.1 – 500	< 20		S E D I M E N T A C I O N	G R A V E D A D	O B S T Á C U L O S S I N		
Espesador circular de alta capacidad	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	0.1 – 300	< 15						
Espesador de cono profundo	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	0.1 – 300	< 15						
Decantadores laminares	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	1 – 150	< 15						
Clarificadores	Recuperación de licor claro a partir de suspensiones diluidas.	1 – 50	< 15			C O N	O B S T Á C U L O S		
Hidrociclón	Espesamiento de suspensiones, clarificación y clasificación de partículas.	5 – 200	2 – 40	70 - 80 000				C E N T R Í F U G A	E S T A C I O N A R I A P A R E D
Tazón Tubular Centrifugo	Clarificación por lotes y (ocasionalmente) clasificación de partículas.	0.1 – 100	< 5	14 000 - 65 000					
Canasta	Recuperación y concentración de lodos sólidos.	0.1 – 100	< 5	< 1 600					
Centrifuga de discos	Clarificación y espesamiento para producir lodos secos.	0.1 – 100	0.05 – 2	14 000					

Ilustración 109

De esta forma, teniendo en cuenta la concentración de sólidos en la alimentación y el tamaño de partículas, se selecciona un decantador centrífugo para el proceso.

#### 8.3.4.2 Cálculos del equipo

Para poder adoptar el decantador centrífugo necesario se calcula la capacidad que debería tener el mismo.

Considerando que la corriente que ingresa posee una humedad de 0,085 la porosidad es de 0,103.



$$\epsilon = \frac{\delta s(m - 1)}{\delta + \delta s(m - 1)}$$

$$\epsilon = \frac{1522(1,085 - 1)}{1131,93 + (1522 \times 0,085)}$$

$$\epsilon = 0,103$$

Por lo tanto, el volumen total de la torta es de 0,19 m<sup>3</sup>/h

$$V = \frac{0,1765}{(1 - 0,085)}$$

$$V = 0,19$$

$$V L t = 0,19 \times 0,103$$

$$V L t = 0,02 \text{ ml}$$

$$V C = 1 - 0,02$$

$$V C = 0,98 \text{ m}^3$$

$$S = \frac{24,27 \text{ m}^3 \times 1522 \text{ kg/m}^3}{(24,27 \times 1522) + (137,53 \times 1131,9)}$$

$$S = 0,19$$

$$C_s = \frac{S x \rho}{1 - m x s} = \frac{0,19 \times 1522}{1 - (1,085 \times 0,19)}$$

$$C_s = 364 \text{ kg/m}^3$$

$$V C t = 0,98 \times 137,5$$

$$V C t = 135 \text{ m}^3/\text{h}$$

Capacidad decantador:

$$C_d = 594 \text{ gal/min}$$

Dónde:

$V_{Lt}$  = Volumen del líquido de torta

$V_C$  = Volumen Clarificado

$S$  = Fracción másica

$C_s$  = Concentración de sólidos

$V_{Ct}$  = Volumen clarificado total.

Según la Tabla 4.1 del libro PERRY (Manual del Ingeniero Químico), para 594 gal/min y para 25 tn/h de sólidos, el diámetro del recipiente es de 36 plg, la velocidad es de 2.50 rpm, la fuerza al centro de gravedad es de 2590 y la potencia del motor es de 200HP.

#### 8.3.4.3 Adopción del equipo

De acuerdo a los cálculos realizados, se necesita una centrífuga con un tambor de diámetro: 915 mm aproximadamente, con una potencia de 150 a 300 HP y con una velocidad de rotación de eje de 2250 rpm aproximadamente. De esta forma se adopta el decantador centrífugo CONTHICK de SIEBTECHNIK con representante en Argentina.

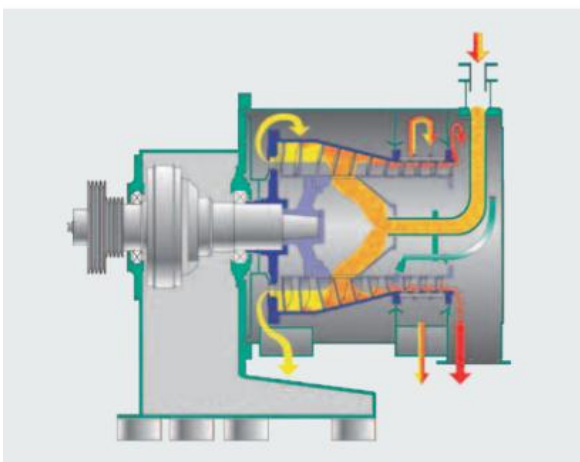


Ilustración 110

La suspensión se alimenta a través de un tubo de entrada al área de pre-engrosamiento de la centrífuga a través de aberturas en el centro en el cuerpo del gusano.

El líquido principal se descargará en la parte trasera del tazón a través de un rebosadero ajustable (vertedero) para obtener una limpia separación de líquidos (filtrado).

Los sólidos se espesan previamente y se transportan al área de cribado donde el desagüe final se lleva a cabo.

El gusano transporta la materia sólida a través de la sección de cribado cilíndrico a la carcasa de descarga. Puede haber una pérdida relativamente pequeña de sólidos en el área de cribado que puede capturarse mediante el reciclaje de vuelta con la alimentación.

Aplicaciones Típicas:

- Cristales, granulados o fibras con buenas características de sedimentación
- Tamaño de partícula  $d' > 0.05$  mm
- Concentración de sólidos en la alimentación 0 - 60% en peso

Las principales ventajas:

- Larga vida útil de los elementos de la pantalla.
- Alto rendimiento / pérdida mínima de sólidos
- Baja humedad residual



Ilustración 111

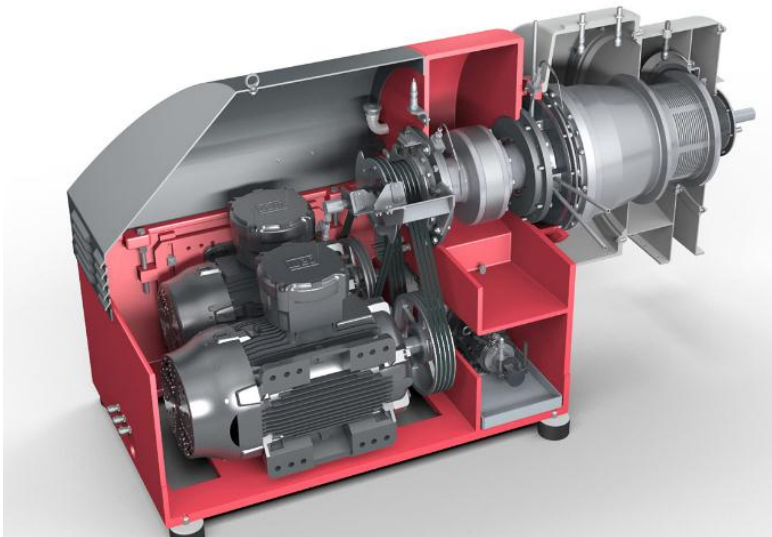


Ilustración 112

Standard frame sizes

Type CONTHICK	D /d	240/180	320/240	450/340	600/450	800/600	1000/750	1200/900
Drive motor	approx. kW	5.5	7.5	15	30	55	90	132
Length	mm	1,150	1,200	1,550	1,800	2,250	2,700	3,200
Width	mm	1,200	1,200	1,550	2,000	2,100	2,660	3,100
Height	mm	800	850	1,100	1,300	1,800	2,100	2,300
Weight	kg	700	750	1,300	2,000	4,200	7,500	10,000

We reserve the right to make any changes required by technical advances.

Ilustración 113

8.3.5 Diseño y adopción del Secador Rotatorio D-201

Para calcular el área necesaria del secador rotatorio se utilizó la ecuación de diseño de filtrado continuo.

La cuál luego de la integración y de una serie de pasos matemáticos queda:

$$A = \frac{W}{t_c \cdot \text{Filtrado promedio}}$$

**Secador Rotatorio**

$$W = m \cdot t = m \cdot F \cdot t_c$$

$m$  | 25723,13 kg/h

*Cálculo del Área de Filtrado*

$A$  |  $(m \cdot F \cdot t_c) / (t_c \cdot F_p)$

$m$  | masa obtenida después de filtrado

$F_p$  | Filtrado promedio

$f$	(1/3) Fracción del ciclo para la formación de la torta	
$t_c$	Tiempo de filtración del ciclo total	
$A$	17	m <sup>2</sup>
Tiempo de retención de torta	0,075	h
	4,51	m
$T$ de filtrado	2,5	h

Tabla 110

Según la bibliografía el filtro de tambor rotatorio al vacío gira de 10 a 60 revoluciones por hora.

Con el área obtenida se dirige al catálogo de TEFSA y se elige el área calculada o el inmediato superior.

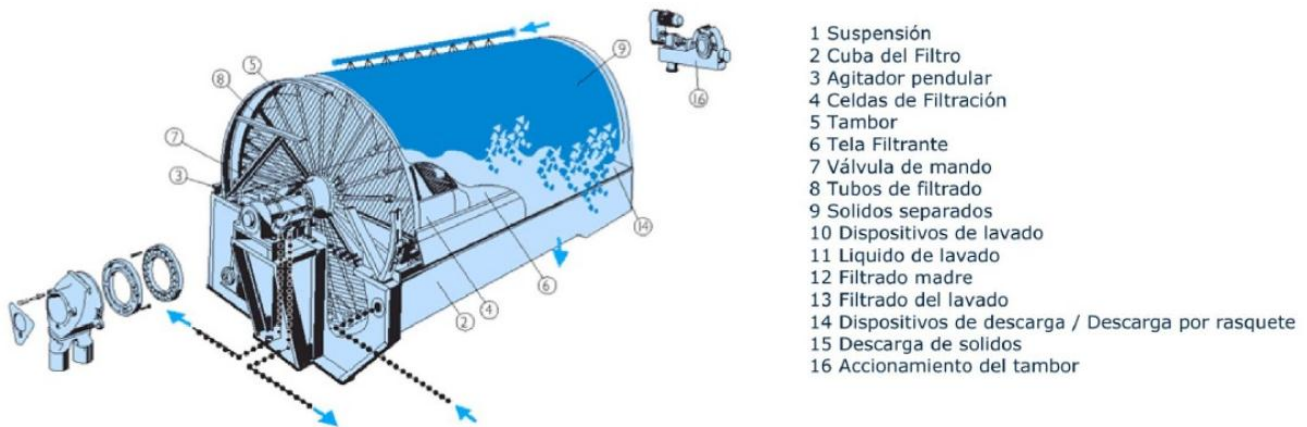


Ilustración 114

Tipo de filtro	Area filtrante	Diámetro del tambor	Anchura del tambor	Número de celdas	Longitud A	Anchura B	Altura C	Peso en servicio	Consumo energético
TSF	m <sup>2</sup>	mm	mm		mm	mm	mm	Tm	Kw
5/1,55 5,2/1,55	0,25	520	155	16	1900	850	1000	0,5	0,5
9,2/2,5 9,2/5,0 9,2/7,5 9,2/10 9,2/15 9,2/20	0,72 1,45 2,15 2,90 4,3 5,8	920	250 500 750 1000 1500 2000	14	2050 2300 2550 2800 3300 3800	2050	1700	2,0 2,3 2,6 2,9 3,5 4,1	1,5
13,1/10 13,1/15 13,1/20 13,1/25 13,1/30	4 6 8 10 12	1310	1000 1500 2000 2500 3000	14	2900 3400 3900 4300 4700	2300	2000	3,5 4,5 5,5 6,5 7,5	3,0
20,9/15 20,9/20 20,9/20 20,9/30	10 13 16 19	2090	1500 2000 2500 3000	16	3500 4000 4500 5000	3700	2800	9,5 10,5 12,5 13,5	4,4
26,2/25 20,9/30 26,2/35 26,2/40	20 25 29 33	2620	2500 3000 3500 4000	20	4900 5400 5900 6400	4100	3500	17 19 21 23	6,0
31,4/30 31,4/35 31,4/40 31,4/45 31,4/50 31,4/55 31,4/60	27 35 40 47 50 55 60	3140	3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000	24	5400 5900 6400 6900 7400 7900 8400	4700	4000	24 27 30 33 36 39 42	8,0
36,6/60 36,6/65	69 75	3660	6000 6500	28	8250 9250	5700	4200	56 59	8,0
41,8/75	100	4180	7500	32	9850	6000	5300	68	11,0

Ilustración 115

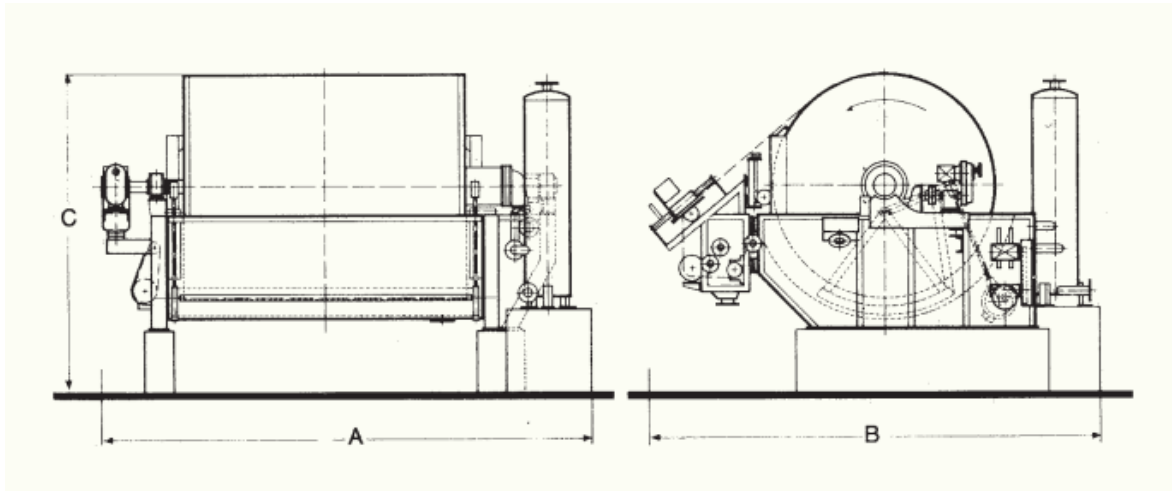


Ilustración 116

### 8.3.5.1 Adopción del motor del secador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor TEM trifásico modelo MS carcasa de Aluminio. El mismo se caracteriza por ser liviano lo cuál le permite mejor movilidad en la instalación.

#### *Características:*

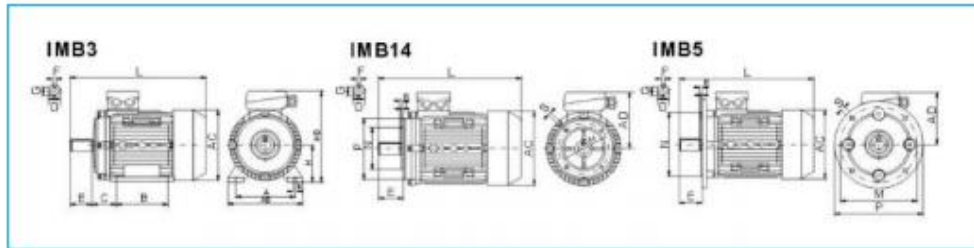
- Construcción Bajo Normas IEC ESTANDAR.
- Grado de Protección: IP55.
- Tensiones Nominales: 220 / 380V hasta 3kW. 380 / 660V 4kW en adelante.
- Formas constructivas B3 B34 B35.
- Potencias 0,12 hasta 30 Hp.
- Rotar Jaula de Ardilla / Aluminio Inyectado.
- Reten en las tapas.
- Chapa de identificación en acero inoxidable.
- Aislación clase “F”. • Carcasa de aluminio.
- Resistencia a la corrosión.
- Velocidades: 2 - 4 - 6 - 8 - 10 polos (300 - 1500 - 1000 - 600 - 750 RPM).
- Servicio continuo S1.
- Chavetas y protección provistas.
- Cuerpos desde 56 hasta 180.
- Frecuencia Nominal: 50 Hz.



### Dimensiones

SIZE	DIMENSIONES MONTAJE (mm)																	DIMENSIONES (mm)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T	M	N	P	R	S	T	AD	AD	AD	ND	L
56	90	71	36	9	20	3	7.2	56	5.8	65	50	80	0	M5	2.5	100	80	120	0	7	3.0	110	120	100	155	195
63	100	80	40	11	23	4	8.5	63	7	75	60	90	0	M5	2.5	115	95	140	0	10	3.0	130	130	115	165	230
71	112	90	45	14	30	5	11	71	7	85	70	105	0	M6	2.5	130	110	160	0	10	3.5	145	145	125	185	255
80	125	100	50	19	40	6	15.5	80	10	100	80	120	0	M6	3.0	165	130	200	0	12	3.5	153	155	130	210	285
90G	140	100	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3.0	165	130	200	0	12	3.5	173	175	136	226	330
90L	140	125	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3.0	165	130	200	0	12	3.5	180	185	145	235	360
100L	160	140	63	28	60	8	24	100	12	130	110	160	0	M8	3.5	215	180	250	0	15	4.0	205	215	170	255	380
112M	190	140	70	28	60	8	24	112	12	130	110	160	0	M8	3.5	215	180	250	0	15	4.0	245	240	180	285	400
132S	216	140	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4.0	265	230	300	0	15	4.0	280	275	195	325	475
132M	216	178	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4.0	265	230	300	0	15	4.0	280	275	195	325	515
160M	254	210	108	43	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4.0	300	250	350	0	15	5.0	320	330	255	420	615
160L	254	254	108	42	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4.0	300	250	350	0	15	5.0	320	330	255	420	670
180M	279	241	121	48	110	14	42.5	180	15	265	230	300	0	M15	4.0	300	250	350	0	19	5.0	355	380	280	455	700
180L	279	279	121	48	110	14	42.5	180	15	265	230	300	0	M15	4.0	300	250	350	0	19	5.0	355	380	280	455	740

### Montaje



Modelo	Potencia		Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad (r.p.m.)	ERI (%)	Factor de Potencia	T. Am/ T. Nom.	T. Max/ T. Nom.	I. Max/ I. Nom.	Peso Neto (kg)
MS561-2	0,09	0,12	220/380	0,57/0,33	2800	62,00	0,68	2,30	2,40	6,00	4,60
MS562-2	0,12	0,18	220/380	0,67/0,38	2800	67,00	0,71	2,30	2,40	6,00	4,80
MS631-2	0,18	0,25	220/380	0,91/0,53	2800	69,00	0,75	2,20	2,40	6,00	5,00
MS632-2	0,25	0,33	220/380	1,17/0,68	2800	72,00	0,78	2,20	2,40	6,00	5,30
MS711-2	0,37	0,5	220/380	1,65/0,95	2800	73,50	0,80	2,20	2,40	6,00	6,50
MS712-2	0,55	0,75	220/380	2,33/1,35	2800	75,50	0,82	2,20	2,40	6,00	7,00
MS801-2	0,75	1	220/380	3,03/1,75	2800	76,50	0,85	2,20	2,40	6,00	9,00
MS802-2	1,1	1,5	220/380	4,42/2,55	2800	77,00	0,85	2,20	2,40	6,00	10,50
MS905-2	1,5	2	220/380	6,01/3,84	2800	77,00	0,85	2,20	2,40	6,00	14,00
MS90L-2	2,2	3	220/380	8,61/4,98	2800	78,00	0,86	2,20	2,40	6,00	16,50
MS100L-2	3	4	220/380	11,1/6,4	2870	82,00	0,87	2,20	2,30	7,00	24,50
MS112M-2	4	5,5	380/660	8,2/4,7	2890	85,50	0,87	2,20	2,30	7,00	30,00
MS132S1-2	5,5	7,5	380/660	11/6,3	2900	85,50	0,88	2,00	2,20	7,00	42,00
MS132S2-2	7,5	10	380/660	15/8,6	2900	86,20	0,88	2,00	2,20	7,00	50,00
MS160M1-2	11	15	380/660	21,3/12,2	2930	88,00	0,88	2,00	2,20	7,00	-
MS160M2-2	15	20	380/660	28,7/16,4	2930	89,00	0,89	2,00	2,20	7,00	-
MS160L-2	18,5	25	380/660	34,6/19,8	2930	90,00	0,90	2,00	2,20	7,00	-
MS180M-2	22	30	380/660	40,9/23,4	2930	90,50	0,90	2,00	2,20	7,00	-
MS562-4	0,09	0,12	220/380	0,49/0,28	1400	56,00	0,58	2,30	2,40	6,00	4,60
MS631-4	0,12	0,18	220/380	0,67/0,39	1400	58,00	0,61	2,30	2,40	6,00	4,80
MS632-4	0,18	0,25	220/380	0,84/0,48	1400	60,00	0,63	2,20	2,40	6,00	4,80
MS711-4	0,25	0,33	220/380	1,12/0,65	1400	64,00	0,66	2,20	2,40	6,00	5,00
MS712-4	0,37	0,5	220/380	1,44/0,83	1400	67,00	0,68	2,20	2,40	6,00	6,30
MS801-4	0,55	0,75	220/380	1,94/1,12	1400	69,50	0,72	2,20	2,40	6,00	7,00
MS802-4	0,75	1	220/380	2,69/1,56	1400	73,50	0,73	2,20	2,40	6,00	9,00
MS905-4	1,1	1,5	220/380	3,48/2,01	1400	75,50	0,75	2,20	2,40	6,00	10,50
MS90L-4	1,5	2	220/380	4,74/2,75	1400	78,00	0,78	2,20	2,40	6,00	14,00
MS100L1-4	2,2	3	220/380	6,31/3,65	1400	79,00	0,79	2,20	2,40	6,00	15,50
MS100L2-4	3	4	220/380	8,6/5,0	1430	81,00	0,82	2,20	2,30	7,00	23,00
MS112M-4	4	5,5	220/380	11,7/6,8	1430	82,50	0,81	2,20	2,30	7,00	27,00
MS132S-4	5,5	7,5	380/660	8,8/5,1	1440	84,50	0,82	2,20	2,30	7,00	33,50
MS132M-4	7,5	10	380/660	12/6,9	140	85,50	0,84	2,20	2,20	7,00	49,50
MS160M-4	11	15	380/660	15/8,6	1440	87,00	0,85	2,20	2,20	7,00	57,50
MS160L-4	15	20	380/660	22,3/12,7	1460	88,00	0,85	2,00	2,20	7,00	-
MS180M-4	18,5	25	380/660	30/17,1	1460	89,00	0,85	2,00	2,20	7,00	-
MS180L-4		30	380/660	36,4/20,8	1470	90,50	0,85	2,20	2,20	7,50	-
MS711-6	0,18	0,25	220/380	1,27	880	59,00	0,63	2,20	2,40	6,00	-
MS712-6	0,25	0,33	220/380	1,64	900	59,00	0,68	2,20	2,40	6,00	-
MS801-6	0,37	0,5	220/380	2,24	915	62,00	0,70	2,20	2,40	6,00	-
MS802-6	0,55	0,75	220/380	3,08	920	65,00	0,72	2,20	2,40	6,00	-
MS905-6	0,75	1	220/380	4,02/2,3	910	72,50	0,70	2,20	2,20	6,50	14,50
MS90L-6	1,1	1,5	220/380	5,5/3,2	910	73,50	0,72	2,20	2,20	6,50	17,00
MS100L-6	1,5	2	220/380	6,9/4,0	940	77,50	0,74	2,20	2,20	6,00	22,50
MS112M-6	2,2	3	220/380	9,7/5,6	940	80,50	0,74	2,20	2,20	6,00	29,00
MS132S-6	3	4	220/380	12,4/7,2	960	83,00	0,76	2,00	2,00	6,50	48,00
MS132M1-6	4	5,5	380/660	7,4/5,4	960	84,00	0,77	2,00	2,00	6,50	49,00
MS132M2-6	5,5	7,5	380/660	13/7,5	960	85,30	0,78	2,00	2,00	6,50	57,50
MS160M-6	7,5	10	380/660	16,5/9,43	970	86,00	0,80	2,00	2,00	6,50	-
MS160L-6	11	15	380/660	24,1/13,8	970	87,50	0,79	2,00	2,00	6,50	-
MS180L-6	15	20	380/660	31,5/18	970	89,00	0,81	2,00	2,00	7,00	-
MS801-8	0,18	0,25	220/380	0,88/0,5	630	51,00	0,61	1,80	1,90	4,00	8,80
MS802-8	0,25	0,33	220/380	1,15/0,66	640	54,00	0,61	1,80	1,90	4,00	11,00
MS905-8	0,37	0,5	220/380	1,49/0,85	660	62,00	0,61	1,80	1,90	4,00	13,00
MS90L-8	0,55	0,75	220/380	2,18/1,25	660	63,00	0,61	1,80	2,00	4,00	14,00
MS100L1-8	0,75	1	220/380	2,17/1,24	690	71,00	0,67	1,80	2,00	4,00	20,00
MS100L2-8	1,1	1,5	220/380	2,99/1,37	690	73,00	0,69	1,80	2,00	5,00	26,00
MS112M-8	1,5	2	380/660	4,5/2,5	680	75,00	0,69	1,80	2,00	5,00	43,00
MS132S-8	2,2	3	380/660	10/5,8	710	78,00	0,71	1,80	2,00	6,00	51,00
MS132M-8	3	4	380/660	13,3/7,7	710	79,00	0,73	1,80	2,00	6,00	57,00
MS160M1-8	4	5,5	380/660	10,3/5,8	720	81,00	0,73	1,90	2,00	6,00	69,00
MS160M2-8	5,5	7,5	380/660	13,6/7,8	720	83,00	0,74	2,00	2,00	6,00	78,00
MS160L-8	7,5	10	380/660	-	720	85,50	0,75	2,00	2,00	6,00	8,00

Ilustración 117

### 8.3.6 Diseño de Silo de almacenamiento de Ácido tereftálico purificado. SL-201.

Para el almacenamiento de TPA terminado se considera el uso de un silo, que dado que se descargará 24 veces al año (en promedio 2 veces al mes) arroja el siguiente volumen:

$$V_{tpa} = 16,65 \text{ m}^3$$

$$m = 25338 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$d = 1522 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{silo} = 16,65 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 8000 \text{ h} \times \left(\frac{1}{24}\right)$$

$$V_{silo} = 5600 \text{ m}^3$$

$$V_{silo} = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times H + \frac{2 \times \pi}{3} \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times a$$

$$a = 0,6$$

$$H = 2D$$

$$\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times H + \frac{2 \times \pi}{3} \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times a = 5600 \text{ m}^3$$

$$d = 15 \text{ m}$$

$$h = 30 \text{ m}$$

Se van a utilizar dos silos de  $d=7,5$  y  $h=15$ .

$$t = \frac{PD}{2SE - 0.6P} \quad (12) \quad S = 1197 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 17000 \text{ psig} \quad E = 0.8266$$

$$t = \frac{Px D}{2xSxE - 0,6xP}$$

$$S = 1197 \frac{kg}{cm^2} = 17000psig$$

$$E = 0,8266$$

$$d = 295 \text{ in}$$

$$p = 14,7 \text{ psi}$$

$$t = 0,4 \text{ cm}$$

## 8.4 Etapa de Recuperación de Catalizador y del Disolvente

### 8.4.1 Diseño de las Columnas de Destilación

#### 8.4.1.1 Funcionamiento de las Columnas

Las torres de platos son cilindros verticales en que el líquido y el gas se ponen en contacto en forma de pasos sobre platos. El líquido ingresa en un plato, el cual se calcula para ser el óptimo en función de disminuir el reflujo; el mismo fluye por la columna por gravedad y los vapores ascienden, generando un efecto global de contacto múltiple a contracorriente entre el gas y el líquido.

El diámetro de la torre debe ser lo suficientemente grande para manejar el flujo de gas y del vapor dentro de la región de operación satisfactoria. Dicho diámetro puede ser disminuido utilizando un mayor espaciamiento de los platos.

El espaciamiento entre los platos se escoge de manera de evitar cualquier inundación o arrastre excesivo del líquido en el gas. Para ello se trabaja en un porcentaje de inundación de entre 80% como máximo y 60% como mínimo.

En cada plato se ubica vertederos, partes de la sección transversal de la torre eliminadas para que el líquido fluya por los platos verticalmente, permitiendo que posea un tiempo de residencia en cada plato, y lo suficientemente cerca del plato inferior como para que se una al líquido en ese plato, con lo cual se evita que el gas ascienda por el vertedero para acortar el camino hacia el plato superior.

#### *8.4.1.2 Columna de Destilación C-301.*

En la reacción de oxidación se forma agua y algunos subproductos indeseables que se deben eliminar del ácido acético.

El licor madre que sale de la centrífuga se purifica en una torre de recuperación de disolvente para eliminar las impurezas. Una vez purificado sale por la parte inferior de la torre y se recicla al reactor combinándose con ácido acético fresco y el producto superior se puede procesar para la recuperación y regeneración del catalizador.

La purificación del licor se lleva a cabo a través de una destilación, de esta forma se elimine el agua sobrante la cual se lleva consigo el resto de las impurezas y del catalizador.

#### Consideraciones

- El licor madre ingresa a una temperatura de 70° C y a una presión de 2 atm.
- El destilado es agua de proceso y se envía a tratamiento.
- En el reciclado se obtiene una mezcla de ácido acético y catalizador la cuál es enviada a una segunda columna de destilación.

Se seleccionan para el diseño platos con campanas de burbujeo; ofrecen las ventajas de que pueden manejar rangos muy amplios de flujos del líquido y del gas.

A continuación, se encuentran los datos del diseño de la columna realizados por el software Chemcad 7.

#### Datos de diseño de la Columna de destilación

<b>Numero de etapas</b>	25
<b>etapa de alimentación</b>	10
<b>Presión de diseño (atm)</b>	2
<b>Diámetro interno de la torre (m)</b>	2,89
<b>Espaciamiento entre platos (m)</b>	0,61
<b>Altura total (m)</b>	15
<b>Número de secciones</b>	1
<b>Número de pasos</b>	1
<b>ancho del lado del vertedero (cm)</b>	52
<b>Altura del vertedero (cm)</b>	5,08
<b>Porcentaje máximo de inundación</b>	79,88
<b>Porcentaje mínimo de inundación</b>	69,77
<b>Arreglo de las campanas en el plato</b>	triangular

número de campanas en cada plato 264

plato

Área de bandeja (m<sup>2</sup>) 5,272

Área activa de la bandeja (m<sup>2</sup>) 3,992

Arrastre fraccional 0,017

factor de aireación 0,608

eficiencia del plato 0,85

asignación por corrosión (cm) 0,1

espesor de la columna (cm) 0,3

Tabla 111

En la siguiente tabla se muestran los datos para el diseño del condensador de la columna:

#### Información General

Área Total m<sup>2</sup> 323,6

Área Requerida m<sup>2</sup> 238,74

Área Efectiva m<sup>2</sup> 318,88

Área por la coraza m<sup>2</sup> 318,88

% Exceso % 33,57

U Calculado kcal/h.m<sup>2</sup>.C 937,93

U Servicio kcal/h.m<sup>2</sup>.C 701,67

<b>Calor Necesario</b>	kcal/h	12900000
<b>LMTD ponderado</b>	C	57,69
<b>LMTD Factor Corrección</b>		1
<b>LMTD Corregido</b>	C	57,69
<b>Información de la Coraza</b>		
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s	1,9
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,3
<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm	0,28
<b>Información de los tubos</b>		
<b>Caída de presión permitida</b>		0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>		0,17
<b>Velocidad</b>		15,4
<b>Dimensiones de la coraza</b>		
<b>Diámetro externo</b>	m	0,83
<b>Diámetro interno</b>	m	0,8



**Diámetro interno del m** 0,8  
**cabezal**

**Tipo en norma TEMA** AEL

**Dimensiones de los tubos**

**Número de tubos** 887

**Longitud** m 6,1

**diámetro Externo** m 0,019

**Diámetro interno** m 0,016

**Espesor de la pared del m** 0,002  
**tubo**

**Arreglo** TRI60

**paso de los Tubos** m 0,024

**Número de pasos** 1

**Dimensiones de los baffles**

**Número de baffles** 8

**Tipo de baffles** Segmento  
único

**Espacio interior** m 0,87

**Espacio central** m 0,61

<b>Espacio exterior</b>	m	0,87
<b>Superposición</b>	m	0,038
<b>Dirección de Corte</b>		horizontal
<b>Espesor del Bafle</b>	m	0,006

Tabla 112

En la siguiente tabla se muestran los datos para el diseño del rehervidor (E-303) de la columna:

	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Información General</b>		
<b>Área Total</b>	m <sup>2</sup>	36,48
<b>Área Requerida</b>	m <sup>2</sup>	29,75
<b>Área Efectiva</b>	m <sup>2</sup>	35,95
<b>Área por la coraza</b>	m <sup>2</sup>	35,95
<b>% Exceso</b>	%	20
<b>U Calculado</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	758,8
<b>U Servicio</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	627,8
		1
<b>Calor Necesario</b>	kcal/h	22300 00
<b>LMTD ponderado</b>	C	98,8

<b>LMTD</b>	<b>Factor</b>		1
<b>Corrección</b>			
<b>LMTD Corregido</b>	C		98,8
<b>Información de la Coraza</b>			
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s		7,91
<b>Caída de presión permitida</b>	atm		0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm		0,25
<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm		0,28
<b>Información de los tubos</b>			
<b>Caída de presión permitida</b>			0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>			0,13
<b>Velocidad</b>			6,3
<b>Dimensiones de la coraza</b>			
<b>Diámetro externo</b>	m		0,33
<b>Diámetro interno</b>	m		0,3

<b>Diámetro interno del cabezal</b>	m	0,3
<b>Tipo en norma TEMA</b>		AEL
<b>Dimensiones de los tubos</b>		
<b>Número de tubos</b>		100
<b>Longitud</b>	m	6,1
<b>diámetro Externo</b>	m	0,019
<b>Diámetro interno</b>	m	0,016
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,002
<b>Arreglo</b>		TRI60
<b>paso de los Tubos</b>	m	0,024
<b>Número de pasos</b>		1
<b>Dimensiones de los baffles</b>		
<b>Número de baffles</b>		8
<b>Tipo de baffles</b>		Segmento único
<b>Espacio interior</b>	m	0,87
<b>Espacio central</b>	m	0,61

<b>Espacio exterior</b>	m	0,87
<b>Superposición</b>	m	0,038
<b>Dirección de Corte</b>		horizontal
<b>Espesor del Baffle</b>	m	0,006

Tabla 113

#### 8.4.1.3 Columna de Destilación C-302

El residuo de la primera columna es enviado a una segunda columna luego de pasar a través de un intercambiador de calor, en donde se obtiene el solvente en el destilado al 90% listo para recircular mientras que en el residuo sale parte del ácido acético junto con el catalizador para comenzar la etapa de recuperación de este.

#### Consideraciones

- El residuo de la primera columna ingresa a una temperatura de 170° C y a una presión de 2 atm.
- En la destilación se obtiene una solución de ácido acético al 90 %, por ende, es reciclada al reactor.
- En el residuo se obtiene una corriente que contiene los catalizadores a recuperar.

Se seleccionan para el diseño platos con válvulas; ofrecen la ventaja de ser más flexibles y son una opción intermedia entre los tipos de platos.

A continuación, se encuentran los datos del diseño de la columna realizados por el software Chemcad 7.

**Datos de diseño de la Columna de destilación**

<b>Numero de etapas</b>	10
<b>etapa de alimentación</b>	6
<b>Presión de diseño (atm)</b>	2
<b>Diámetro interno de la torre (m)</b>	1,98
<b>Espaciamiento entre platos (m)</b>	0,61
<b>Altura total (m)</b>	15
<b>Número de secciones</b>	1
<b>Número de pasos</b>	1
<b>ancho del lado del vertedero (cm)</b>	100
<b>Altura del vertedero (cm)</b>	5,08
<b>Porcentaje máximo de inundación</b>	78,47
<b>Porcentaje mínimo de inundación</b>	53,08
<b>Tipo de Plato</b>	Válvula
<b>medidor de espesor de cubierta</b>	14
<b>Calibre del espesor de la válvula</b>	12

Número de válvulas	475
Área de la perforación (m <sup>2</sup> )	0,56
Área de bandeja (m <sup>2</sup> )	3
Área activa de la bandeja (m <sup>2</sup> )	2,96
eficiencia del plato	0,85
asignación por corrosión (cm)	0,1
espesor de la columna (cm)	0,3

Tabla 114

En la siguiente tabla se muestran los datos para el diseño del condensador de la columna:

#### Información General

Área Total	m <sup>2</sup>	76
Área Requerida	m <sup>2</sup>	56
Área Efectiva	m <sup>2</sup>	75
Área por la coraza	m <sup>2</sup>	75
% Exceso	%	35,29
U Calculado	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	1357,3
U Servicio	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	1001
Calor Necesario	kcal/h	8070000
LMTD ponderado	C	107,56

**LMTD Factor Corrección** 1

**LMTD Corregido** C 107,56

**Información de la Coraza**

**Vel. Flujo Cruzado** m/s 0,82

**Caída de presión permitida** atm 0,34

**Caída de Presión calculada** atm 0,3

**Caída de presión (sucio)** atm 0,28

**Información de los tubos**

**Caída de presión permitida** atm 0,34

**Caída de Presión calculada** atm 0,17

**Velocidad** m/s 47

**Dimensiones de la coraza**

**Diámetro externo** m 0,43

**Diámetro interno** m 0,4

**Diámetro interno del cabezal** m 0,4



<b>Tipo en norma TEMA</b>		AEL
<b>Dimensiones de los tubos</b>		
<b>Número de tubos</b>		208
<b>Longitud</b>	m	6,1
<b>diámetro Externo</b>	m	0,019
<b>Diámetro interno</b>	m	0,016
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,002
<b>Arreglo</b>		TRI60
<b>paso de los Tubos</b>	m	0,024
<b>Número de pasos</b>		1
<b>Dimensiones de los baffles</b>		
<b>Número de baffles</b>		8
<b>Tipo de baffles</b>		Segmento único
<b>Espacio interior</b>	m	0,87
<b>Espacio central</b>	m	0,61
<b>Espacio exterior</b>	m	0,87
<b>Superposición</b>	m	0,038

<b>Dirección de Corte</b>		horizontal
<b>Espesor del Bafle</b>	m	0,006

Tabla 115

En la siguiente tabla se muestran los datos para el diseño del rehervidor (E-304) de la columna:

	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Información General</b>		
<b>Área Total</b>	m <sup>2</sup>	109
<b>Área Requerida</b>	m <sup>2</sup>	80
<b>Área Efectiva</b>	m <sup>2</sup>	107
<b>Área por la coraza</b>	m <sup>2</sup>	107
<b>% Exceso</b>	%	35
<b>U Calculado</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	823
<b>U Servicio</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	614
<b>Calor Necesario</b>	kcal/h	7170000
<b>LMTD ponderado</b>	C	108,21
<b>LMTD Factor Corrección</b>		1
<b>LMTD Corregido</b>	C	108,21
<b>Información de la Coraza</b>		
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s	18

<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,25
<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm	0,28
<b>Información de los tubos</b>		
<b>Caída de presión permitida</b>		0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>		0,17
<b>Velocidad</b>		0,86
<b>Dimensiones de la coraza</b>		
<b>Diámetro externo</b>	m	0,53
<b>Diámetro interno</b>	m	0,5
<b>Diámetro interno del cabezal</b>	m	0,5
<b>Tipo en norma TEMA</b>		AEL
<b>Dimensiones de los tubos</b>		
<b>Número de tubos</b>		300
<b>Longitud</b>	m	6,1
<b>diámetro Externo</b>	m	0,019
<b>Diámetro interno</b>	m	0,016
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,002

<b>Arreglo</b>		TRI60
<b>paso de los Tubos</b>	m	0,024
<b>Número de pasos</b>		1
<b>Número de baffles</b>		8
<b>Tipo de baffles</b>		Segmento único
<b>Espacio interior</b>	m	0,87
<b>Espacio central</b>	m	0,61
<b>Espacio exterior</b>	m	0,87
<b>Superposición</b>	m	0,038
<b>Dirección de Corte</b>		horizontal
<b>Espesor del Baffle</b>	m	0,006

Tabla 116

## 8.4.2 Diseño de intercambiadores

### 8.4.2.1 Intercambiador E 307

Intercambiador de calor que lleva a la temperatura deseada el residuo de la columna de destilación 01 para ingresar a la columna de destilación 02 como corriente de entrada. En la tabla siguiente se muestran los datos de diseño obtenidos del Chemcad 7.0.

#### Agua por coraza

<b>Caudal</b>	50000 kg/h
<b>Temperatura de entrada</b>	350 °C

<b>Temperatura de salida</b>	198 °C
<b>Residuo por los tubos</b>	
<b>Caudal</b>	49088 kg/h
<b>Temperatura de entrada</b>	132 °C
<b>Temperatura de salida</b>	170 °C

**Información General**

<b>Área Total</b>	m <sup>2</sup>	98
<b>Área Requerida</b>	m <sup>2</sup>	58
<b>Área Efectiva</b>	m <sup>2</sup>	96
<b>Área por la coraza</b>	m <sup>2</sup>	96
<b>% Exceso</b>	%	65
<b>U Calculado</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	488
<b>U Servicio</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	293
<b>Calor Necesario</b>	kcal/h	7320200
<b>LMTD ponderado</b>	C	125,91
<b>LMTD Factor Corrección</b>		1
<b>LMTD Corregido</b>	C	125,91
<b>Información de la Coraza</b>		
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s	32,81
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,3

<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm	0,28
<b>Información de los tubos</b>		
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,17
<b>Velocidad</b>	m/s	75
<b>Dimensiones de la coraza</b>		
<b>Diámetro externo</b>	m	0,48
<b>Diámetro interno</b>	m	0,45
<b>Diámetro interno del cabezal</b>	m	0,45
<b>Tipo en norma TEMA</b>		AEL
<b>Dimensiones de los tubos</b>		
<b>Número de tubos</b>		268
<b>Longitud</b>	m	6,1
<b>diámetro Externo</b>	m	0,019
<b>Diámetro interno</b>	m	0,016
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,002
<b>Arreglo</b>		TRI60
<b>paso de los Tubos</b>	m	0,024
<b>Número de pasos</b>		1
<b>Dimensiones de los baffles</b>		
<b>Número de baffles</b>		8

Tipo de baffles		Segmento único
Espacio interior	m	0,87
Espacio central	m	0,61
Espacio exterior	m	0,87
Superposición	m	0,038
Dirección de Corte		vertical
Espesor del Baffle	m	0,006

Tabla 117

#### 8.4.2.2 Intercambiador E 305

Intercambiador de calor que lleva a la temperatura deseada el residuo de la columna de destilación 02 para ingresar al incinerador. En la tabla siguiente se muestran los datos de diseño.

Agua por coraza		
Caudal	10000	kg/h
Temperatura de entrada	10	°C
Temperatura de salida	43,3	°C
Residuo por los tubos		
Caudal	2197	kg/h
Temperatura de entrada	160	°C
Temperatura de salida	27	°C

Tabla 118

### Información General

<b>Área Total</b>	m <sup>2</sup>	22
<b>Área Requerida</b>	m <sup>2</sup>	12
<b>Área Efectiva</b>	m <sup>2</sup>	22
<b>Área por la coraza</b>	m <sup>2</sup>	22
<b>% Exceso</b>	%	80
<b>U Calculado</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> . C	341
<b>U Servicio</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> . C	181
<b>Calor Necesario</b>	kcal/h	107119
<b>LMTD ponderado</b>	C	81,46
<b>LMTD Factor Corrección</b>		1
<b>LMTD Corregido</b>	C	81,46
<b>Información de la Coraza</b>		
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s	4,19
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,01
<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm	0,02
<b>Información de los tubos</b>		



<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,06
<b>Velocidad</b>	m/s	0,23
<b>Dimensiones de la coraza</b>		
<b>Diámetro externo</b>	m	0,28
<b>Diámetro interno</b>	m	0,25
<b>Diámetro interno del cabezal</b>	m	0,25
<b>Tipo en norma TEMA</b>		AEL
<b>Dimensiones de los tubos</b>		
<b>Número de tubos</b>		63
<b>Longitud</b>	m	6,1
<b>diámetro Externo</b>	m	0,019
<b>Diámetro interno</b>	m	0,016
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,002
<b>Arreglo</b>		Cuadrado
<b>paso de los Tubos</b>	m	0,024
<b>Número de pasos</b>		1
<b>Dimensiones de los baffles</b>		

<b>Número de baffles</b>		31
<b>Tipo de baffles</b>		Segmento único
<b>Espacio interior</b>	m	0,16
<b>Espacio central</b>	m	0,185
<b>Espacio exterior</b>	m	0,24
<b>Superposición</b>	m	0,038
<b>Dirección de Corte</b>		vertical
<b>Espesor del Baffle</b>	m	0,003

Tabla 119

#### 8.4.2.3 Intercambiador E 306

Intercambiador de calor que lleva a la temperatura deseada la corriente de salida del reactor 301 antes de ingresar al decantador centrífugo para separar el catalizador recuperado de la arena de pirólisis. En la tabla siguiente se muestran los datos de diseño.

<b>Agua por coraza</b>		
<b>Caudal</b>		15000 kg/h
<b>Temperatura de entrada</b>	20	°C
<b>Temperatura de salida</b>	42	°C
<b>Residuo por los tubos</b>		
<b>Caudal</b>		3761,3 kg/h
<b>Temperatura de entrada</b>	143	°C

<b>Temperatura de salida</b>	30	°C
	Unidad	Valor
<b>Información General</b>		
<b>Área Total</b>	m <sup>2</sup>	44
<b>Área Requerida</b>	m <sup>2</sup>	25
<b>Área Efectiva</b>	m <sup>2</sup>	44
<b>Área por la coraza</b>	m <sup>2</sup>	43
<b>% Exceso</b>	%	72
<b>U Calculado</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	221
<b>U Servicio</b>	kcal/h.m <sup>2</sup> .C	129
<b>Calor Necesario</b>	kcal/h	319000
<b>LMTD ponderado</b>	C	57,51
<b>LMTD Factor Corrección</b>		1
<b>LMTD Corregido</b>	C	57,51
<b>Información de la Coraza</b>		
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s	0,16
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,01

<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm	0,02
<b>Información de los tubos</b>		
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,059
<b>Velocidad</b>	m/s	0,18
<b>Dimensiones de la coraza</b>		
<b>Diámetro externo</b>	m	0,39
<b>Diámetro interno</b>	m	0,36
<b>Diámetro interno del cabezal</b>	m	0,36
<b>Tipo en norma TEMA</b>		AEL
<b>Dimensiones de los tubos</b>		
<b>Número de tubos</b>		120
<b>Longitud</b>	m	6,1
<b>diámetro Externo</b>	m	0,019
<b>Diámetro interno</b>	m	0,016
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,002
<b>Arreglo</b>		TRI60
<b>paso de los Tubos</b>	m	0,024

<b>Número de pasos</b>		1
<b>Dimensiones de los baffles</b>		
<b>Número de baffles</b>		8
<b>Tipo de baffles</b>		Segmento único
<b>Espacio interior</b>	m	0,87
<b>Espacio central</b>	m	0,61
<b>Espacio exterior</b>	m	0,87
<b>Superposición</b>	m	0,038
<b>Dirección de Corte</b>		vertical
<b>Espesor del Baffle</b>	m	0,006

Tabla 120

#### 8.4.2.4 Diseño del Aeroenfriador CO-301

Las cenizas compuestas por óxidos metálicos procedentes de la incineración de los componentes catalíticos (Co y Mn) son enfriadas a 90°C por medio de un aeroenfriador para luego poder ser disueltas y recuperadas.

En la siguiente tabla se encuentran los datos del diseño del mismo.

<b>Aire</b>		
<b>Caudal</b>		766750 kg/h
<b>Temperatura de entrada</b>	25	°C
<b>Temperatura de salida</b>	28	°C

### Cenizas

<b>Caudal</b>	1783	kg/h
<b>Temperatura de entrada</b>	750	°C
<b>Temperatura de salida</b>	90	°C

### Información General

<b>Área Efectiva</b>	m2	70
<b>Área Calculada</b>	m2	44
<b>Área limpia calculada</b>	m2	43,7
<b>% Exceso</b>	%	63
<b>Área por Sección</b>	m2	43
<b>Área desnuda</b>	m2	85
<b>Largo efectivo</b>	m	5,94
<b>Largo Calculado</b>	m	3,02
<b>Coefficiente Calculado</b>	kcal/h.m2.C	40
<b>Coefficiente de Servicio</b>	kcal/h.m2.C	20,31
<b>Carga de calor</b>	kcal/h	510442
<b>Suministrada</b>		
<b>MTD efectivo</b>	C	293

<b>LMTD Factor Corrección</b>		0,9975
<b>LMTD Corregido</b>	C	292,2675
<b>Código</b>		ASME
<b>Información de la Sección</b>		
<b>Vel. Flujo Cruzado</b>	m/s	4,19
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,34
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0,01
<b>Caída de presión (sucio)</b>	atm	0,02
<b>Información de los tubos</b>		
<b>Caída de presión permitida</b>	atm	0,3
<b>Caída de Presión calculada</b>	atm	0
<b>Información del lado del aire</b>		
<b>Área</b>	m <sup>2</sup>	13
<b>Velocidad</b>	m/s	13,79
<b>Dimensiones de la Sección y de la Unidad</b>		
<b>Ancho de la Sección</b>	m	1,096
<b>Longitud del tubo</b>	m	6
<b>Número total de Secciones</b>		2
<b>Secciones en paralelo-serie</b>		2-1

<b>Secciones en fila-columna</b>		1-2
<b>Unidades en paralelo-serie</b>		2-1
<b>Dimensiones de los tubos y aletas</b>		
<b>Número de tubos</b>		140
<b>Longitud</b>	m	6
<b>diámetro Externo</b>	m	0,016
<b>Diámetro interno</b>	m	0,015
<b>Espesor de la pared del tubo</b>	m	0,001
<b>Paso de los tubos</b>	m	0,025
<b>Número de planchas de tubos</b>		2
<b>Número de pasos</b>		1
<b>Material de los tubos</b>		Acero Carbono
<b>Número de aletas</b>		4
<b>Aletas por paso</b>		4

Tabla 121



#### 8.4.3 Diseño y adopción del Incinerador F-301

La corriente procedente del fondo de la segunda columna de destilación se hace circular hasta el incinerador donde los catalizadores se convierten en óxidos metálicos por medio de pirolisis.

De acuerdo a los datos del caudal a incinerar y la temperatura necesaria para llevar a cabo la pirolisis se adopta un incinerador por carga con control de contaminación modelo EM 2500 de la marca Lucaal S.R.L.

Caudal de carga: 2198 kg/h

Temperatura de pirolisis: 750 °C

Presión de trabajo: 1 atm

A continuación, se encuentran los datos del equipo.

Envolvente exterior: en chapa acero lc 1010 espesor 8 mm.

Envolvente interior: en chapa acero inoxidable calidad 310 (resistente a temperaturas superiores a 1150°C) en 5 mm. de espesor.

Paletas internas: auto refrigerantes construidas en acero inoxidable calidad 310.

Aislación: relleno con hormigón refractario de 50 mm. de espesor entre envolvente exterior e interior.

Sistema de impulsión del tambor:

- corona, piñón y cadena, de engranamiento firme, de baja velocidad y alto par, sin resbalamiento.

Tren reductor de velocidad montado en el eje paralelo, con entrada impulsada con correa y salida por rueda dentada, impulsado con motor eléctrico de 50 HP giro sobre pistas de acero

de 6" x 2 y 2", rolado, torneado y balanceado, con sistema de fijación flotante para permitir libre dilatación.

Medidas horno:

- diámetro exterior 2500 mm.

- diámetro interior 2400 mm.

- largo: 6000 mm.

Volumen bruto: 27,15 m<sup>3</sup>.

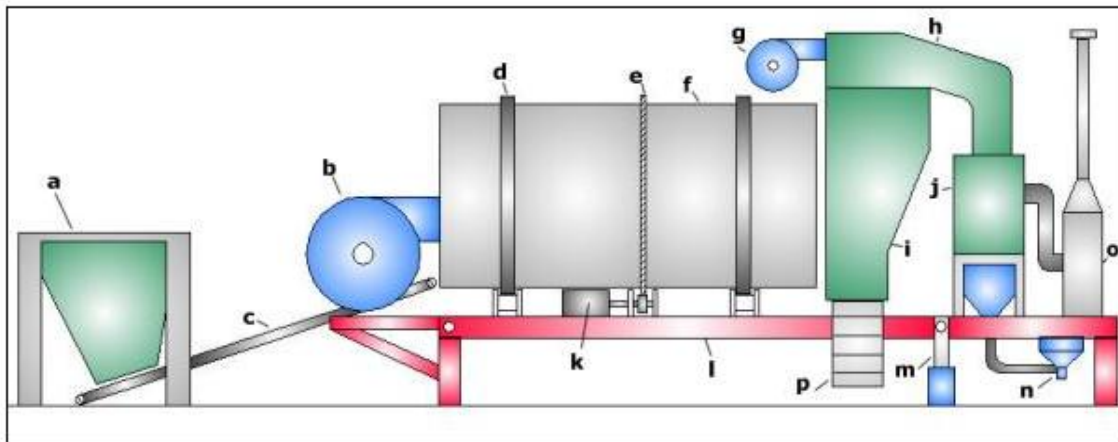


Ilustración 118

Referencias:

a- Tolva Receptora - Frente abierto para libre acceso a cinta.

b- Quemador de llama ancha tipo "Start Jet Burner", modelo con soplador de alta presión y protector de llama, motor eléctrico de 50 H.P. a 2800 r.p.m.

c- Cinta de acceso a horno, de banda de goma con tacos de 900 mm. de ancho.

d- Pistas de Rotación del horno de acero rolado, torneado y balanceado de 6" x 2 1/2", con sistema de fijación flotante para permitir libre dilatación.

e- Sistema de corona, piñón y cadena de impulsión del tambor, de engranamiento firme, de baja velocidad y alto par, sin resbalamiento.

f- Horno incinerador de tambor con tubo de Venturi y control de contaminación.

g y h- Sistema de poscombustión: Quemador y horno de acero de alta temperatura, de retención de desprendimientos gaseosos por un período superior a 2 segundos a una temperatura de 1000 a 1200 °C.

i- Cámara de expansión de gases.

j- Control de contaminación: Lavador de agua fría graduable, del tipo de Venturi, de baja energía vertical, integrado con el incinerador del tambor. Diseñado para cumplir las reglamentaciones vigentes.

k- Tren reductor de velocidad, montado en el eje paralelo, con entrada impulsada por correa y salida por rueda dentada. Motor eléctrico de 50 HP.

l- Chasis de perfil normal de Acero IPN 400 mm. (Largo total aprox. 10.000)

m- Sistema hidráulico de inclinación para posición de quemado y descarga. Ángulo máximo de inclinación de trabajo: 7°.

n- Sistema de dosificación de sustancia alcalina para el aumento del PH al agua.

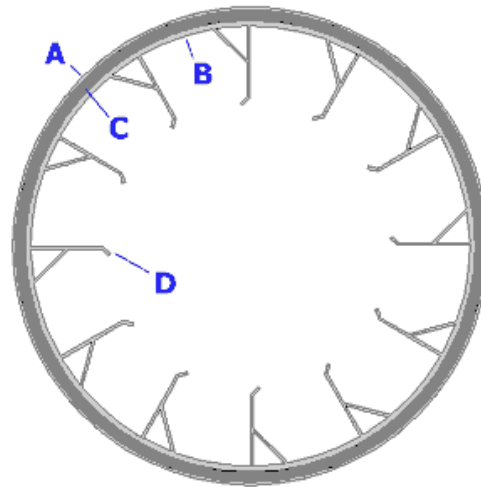
o- Sistema de escape: Extractor radial para materiales de tipo industrial pesado, con mando de Venturi y control de humedad.

p- Cinta a cadena sobre plancha de acero para eliminación del material reducido.

Referencias del interior del Horno:



**Vista en 3D del corte del Tambor**



**Corte del tambor.**

A- Evolvente exterior - Acero LC 1010 espesor 8mm.

B- Evolvente interior - Acero Inoxidable Calidad 310(T) Espesor 3/16". Apto para temperaturas de hasta 1150 °C.

C- Aislación Térmica - Hormigón Refractario.

D- Paletas Auto refrigerantes de acero Inoxidable Calidad 310(T) Espesor 3/16". Apto para temperaturas de hasta 1150 °C.

#### 8.4.4 Adopción del Filtro de manga FIL-301

Las cenizas que se obtienen del incinerador son recolectadas a través de un filtro de mangas.

Se adopta un filtro de mangas serie CPM de INFESA Ingeniería, marca nacional.

El mismo tiene una construcción robusta con mangas de 1200 a 3600 mm de longitud y puede tener desde 9 a 144 mangas.

Posee acceso a inspección y recambio de mangas desde la zona de aire limpio con escaleras de acceso y barandas de protección.

Características del equipo:

- Sistema de limpieza Pulse Jet con controlador programable marca INFESA modelo CP-1.0, que administra con máxima eficiencia el consumo de aire comprimido.
- Amplio rango de aplicación Aptos para altas cargas de polvo.
- Tolva de descarga con 60° de pendiente.
- Equipos de acero inoxidable.
- Cámaras de aire limpio walk-in plenum.
- Configuración bin-vent apta para montaje sobre silos.
- Plataformas de mantenimiento.

Características técnicas (largo de manga 2400 mm)

Modelo	Cant. de mangas	Superficie Filtrante (m <sup>2</sup> )	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Rango de caudal de aire (*) (m <sup>3</sup> /min)
CPM-9/12	9	4	660	660	3300	4 a 12
CPM-16/24	16	14	840	840	4650	14 a 42
CPM-25/24	25	22	1020	1020	4800	22 a 66
CPM-36/24	36	32	1200	1200	4950	32 a 96
CPM-49/24	49	43	1380	1380	5100	43 a 129
CPM-64/24	64	56	1560	1560	5250	56 a 168
CPM-81/24	81	72	1740	1740	5400	72 a 216
CPM-90/24	90	79	1920	1920	5600	79 a 237
CPM-100/24	100	88	1920	1920	5600	88 a 264
CPM-120/24	120	106	2280	2280	5900	106 a 318
CPM-144/24	144	127	2280	2280	5900	127 a 381

Ilustración 119

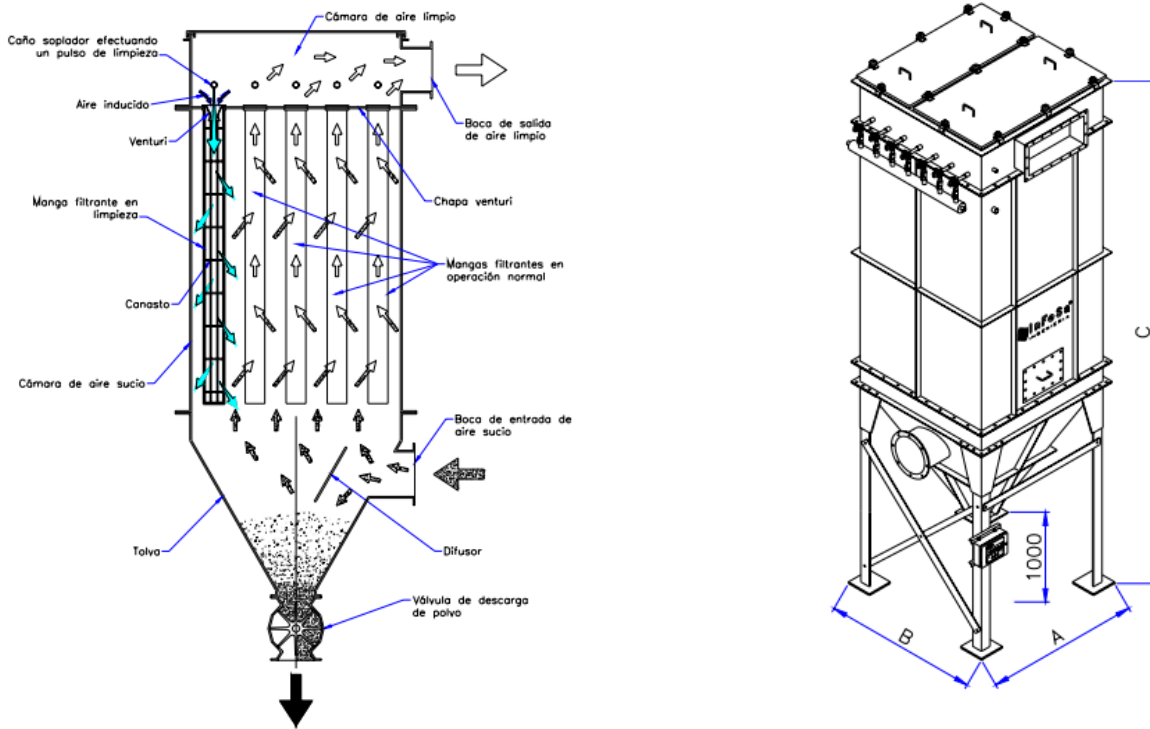


Ilustración 120

### 8.4.5 Diseño de tanques

Utilizando la metodología de cálculo para diseñar los tanques anteriores, se obtuvo el diseño del tanque T-301 de ácido acético glacial. Los datos del mismo se encuentra a continuación.

#### 8.4.5.1 Tanque T-301

##### *Tanque de Almacenamiento de Ácido acético glacial*

##### **DATOS GENERALES**

<i>VI: Volumen del líquido</i>	2,86	m <sup>3</sup> /h	Se considera una cantidad para dos días de producción
<i>Q: Caudal másico</i>	3000	kg/h	
<i>t: tiempo de residencia máximo</i>	48	h	

<i>d: Densidad</i>	1049	kg/m <sup>3</sup>	
--------------------	------	-------------------	--

Tabla 122

**DATOS DEL DISEÑO**

**RECIPIENTE**

<i>VL=</i>	137,27	m <sup>3</sup>
<i>Fs: factor de seguridad</i>	0,2	20%
<i>VT=</i>	171,6	m <sup>3</sup>

**Especificaciones**

<i>Relación de esbeltez</i>	1,5 e= H/D
<i>Ecuación de diseño</i>	$V = ((\pi * Dt^2) / 4) * H$
<i>diámetro</i>	Dt                      5                      m
<i>Altura</i>	H                              8                              m
<i>Espesor</i>	E                              6,35                      mm
<i>Presión de diseño:</i>	2                              Atm
<i>Tensión del acero:</i>	450                              Atm
<i>Eficiencia de las uniones:</i>	0,8
<i>Material de construcción</i>	Acero inoxidable AISI 316
<i>Temperatura de trabajo</i>	25                              °C
<i>Temperatura de diseño</i>	40                              °C

<i>Presión absoluta de trabajo</i>	1	atm
<i>Presión diseño</i>	2	atm
<i>Tapa</i>	semiesférica	
<i>Fondo</i>	Acero inoxidable AISI 316	
<i>Espesor cilindro</i>	6,35	mm

Tabla 123

#### 8.4.6 Diseño del Reactor R-301 para la recuperación del catalizador

Las cenizas obtenidas del incinerador son disueltas en agua y mezcladas con ácido, logrando la formación de acetatos metálicos tetra hidratados los cuales son centrifugados y enviados a la etapa de oxidación para ser reutilizados.

##### 8.4.6.1 Cálculo de las dimensiones del reactor

###### DATOS GENERALES

<b>t</b>	1 h
<b>PE</b>	1180,4 kg/m <sup>3</sup>
	1,18
<b>μ</b>	0,000095
	0,95
<b>P</b>	9 atm
<b>T</b>	200 °C



XA

0,98

Tabla 124

Teniendo en cuenta el caudal másico de entrada  $Q_A = 3761,6$  kg/h y la densidad de este obtenemos un caudal volumétrico:

$$Q_v = 3,5 \text{ m}^3$$

Para un tiempo de residencia de 1h (60 minutos) se obtiene que la velocidad de reacción es:

$$K = \frac{1}{\theta} \times \ln \left( \frac{1}{(1 - X_A)} \right)$$

$$K = 0,02 \frac{1}{\text{m}}$$

$$K = \left( \frac{Q_{a_0} \times X_A}{K \times (1 - X_A)} \right)$$

$$V_A = 190,19 \text{ m}^3$$

Factor de seguridad 20%

$$V_i = 228 \text{ m}^3$$

Manejando un nivel de operación de 80 %

$$V_R = 285,28 \text{ m}^3$$

$$V_A = 290 \text{ m}^3$$

**Especificaciones del diseño**

**Relación de esbeltez** de  $1,5 = e = H/D$   
 Se toma este valor para que no se genere un régimen de flujo pistón

**Ecuación de diseño**  $V = ((\pi * D^2)/4) * H$

**D<sub>R</sub>** 6 m

**H<sub>R</sub>** 9 m

Tabla 125

Para el cálculo del espesor mínimo se debe tener en cuenta la ecuación del Estrada, 2001.

$$t = \frac{P \times D}{(2 \times S \times E - 0,6 \times P)}$$

Dónde

$P = 279 \text{ psi}$

$D = \text{diámetro interno del reactor} = 6,5 \text{ m}$

$S = \text{Máximo nivel de presión permitida} = 1197 \text{ kg/cm}^2 - 17000 \text{ psi}$

$E = \text{Eficiencia} = 0,85$

$t = 1,08 \text{ plg} = 26 \text{ mm}$

$$D_{ext} = D + 2 \times t$$

$$D_{ext} = 6,63 \text{ m}$$

$$\frac{D_R}{t} = 99,49$$

$$H_R + \frac{2a}{D_R} = 1,69$$

De la figura 7.5 del código ASME, sección 8, división 1

$$A = 0,00052$$

$$E = 28000000$$

$$P_A = P_{\text{máx vacío}} = \frac{2 \times (A \times E)}{3 \times \left(\frac{D_R}{t}\right)}$$

$$P_A = 42,06 \text{ psi}$$

Dado que  $P_{t \text{ vacío}} = 14,22 \text{ psi}$  •  $P_A > P_{t \text{ vacío}}$  el espesor calculado es adecuado para manejar la presión, y por lo tanto no requiere anillos de reforzamiento.

#### Especificaciones Generales

Presión de diseño:	12 atm
--------------------	--------

Temperatura de diseño	230 °C
-----------------------	--------

Tensión del acero:	450
--------------------	-----

Eficiencia de las uniones:	0,85
----------------------------	------

<b>Material de construcción</b>	Acero inoxidable AISI 316	
<b>Temperatura de trabajo</b>	200	°C
<b>Temperatura de diseño</b>	230	°C
<b>Presión absoluta de trabajo</b>	9	atm
<b>Presión diseño</b>	12	atm
<b>Tapa</b>	semiesférica	
<b>Fondo</b>	Acero inoxidable AISI 316	
<b>Espesor del reactor</b>	26	mm

Tabla 126

#### 8.4.6.1.1 Diseño del agitador

El tipo de agitador seleccionado es el tipo turbina de disco con flujo radial debido a las siguientes razones:

- Aplicable en un amplio rango de viscosidades
- Produce corrientes internas que se distribuyen por todo el tanque rompiendo las masas de líquido estanco
- Es aplicable para dispersar un gas en un líquido, el gas puede ingresar por debajo del eje del rodete de manera de dispersar el gas en muchas burbujas finas.

*Proporciones geométricas utilizadas para los cálculos*

<i>Altura del Tanque</i>	Ht	9	m
<i>Diámetro del agitador</i>	Dt/Da=3	Da 2	m
<i>Distancia del rodete al fondo del tanque</i>	E/Da=1	E 2	m
<i>Longitud de las palas</i>	L/Da=0,2	L 0,4	m
<i>Ancho de las palas</i>	W/Da=0,2	W 0,4	m
<i>Ancho de los deflectores</i>	J/Dt=0,1	J 0,6	m

Tabla 127

*Potencia del agitador*

	$P/V = C \times pe \times (10 + \sqrt{\mu 4})$	
$\mu$	0,000095	lb/ft.s
$C$	0,005	
$PE$	1180	kg/m <sup>3</sup>
$P/V$	0,0649	
$VL$	172	m <sup>3</sup>
$P$	11,16	CV
$Da$	2	m
$pe$	1,18	
$Kt$	6,3	

<i>gc</i>	9,81	kg.m/kgf.s
<i>n</i>	<b>67,2</b>	<b>rpm</b>

Tabla 128

<b>Revoluciones por segundo</b>	<b>1,12</b>
<b>Densidad</b>	1180 kg/m <sup>3</sup>
<b>Número de Reynolds</b>	8,68
<b>Número de Potencia</b>	5
<b>Potencia</b>	12 CV

Tabla 129

#### 8.4.6.1.2 Adopción de motor para el agitador

Para la adopción del motor del agitador se tuvo en cuenta a la empresa Transpower S.R.L de producción nacional.

Se selecciono un motor TEM trifásico modelo MS carcasa de aluminio. El mismo Se caracteriza por ser liviano, lo que permite mejor movilidad a la hora de la instalación.

Debido a que la potencia necesaria para el agitador es de 12 CV y la necesaria para el moto reductor es de 3 CV se adopta un motor de 15 CV.

##### *Características*

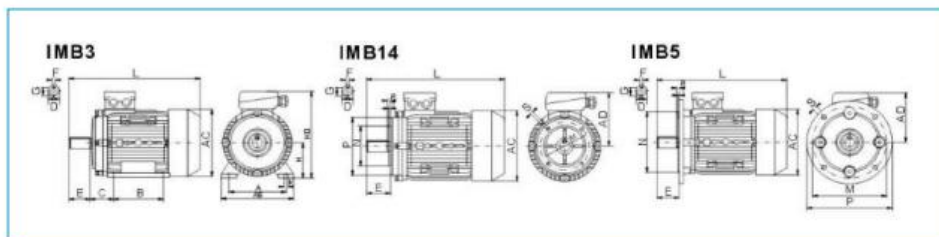
- Construcción Bajo Normas IEC ESTANDAR.
- Grado de Protección: IP55.
- Tensiones Nominales: 220 / 380V hasta 3kW. 380 / 660V 4kW en adelante.
- Formas constructivas B3 B34 B35.
- Potencias 0,12 hasta 30 HP.
- Rotar Jaula de Ardilla / Aluminio Inyectado.

- Reten en las tapas.
- Chapa de identificación en acero inoxidable.
- Aislación clase “F”.
- Carcasa de aluminio.
- Resistencia a la corrosión.
- Velocidades: 2 - 4 - 6 - 8 - 10 polos (300 - 1500 - 1000 - 600 - 750 RPM).
- Servicio continuo S1.

MS180L-4		30	380/660	36,4/20,8	1470	90,50	0,85	2,20	2,20	7,50	-
MS711-6	0,18	0,25	220/380	1,27	880	59,00	0,63	2,20	2,40	6,00	-
MS712-6	0,25	0,33	220/380	1,64	900	59,00	0,68	2,20	2,40	6,00	-
MS801-6	0,37	0,5	220/380	2,24	915	62,00	0,70	2,20	2,40	6,00	-
MS802-6	0,55	0,75	220/380	3,08	920	65,00	0,72	2,20	2,40	6,00	-
MS90S-6	0,75	1	220/380	4,0/2,3	910	72,50	0,70	2,20	2,20	5,50	14,50
MS90L-6	1,1	1,5	220/380	5,5/3,2	910	73,50	0,72	2,20	2,20	5,50	17,00
MS100L-6	1,5	2	220/380	6,9/4,0	940	77,50	0,74	2,20	2,20	6,00	22,50
MS112M-6	2,2	3	220/380	9,7/5,6	940	80,50	0,74	2,20	2,20	6,00	29,00
MS132S-6	3	4	220/380	12,4/7,2	960	83,00	0,76	2,00	2,00	6,50	48,00
MS132M1-6	4	5,5	380/660	7,4/5,4	960	84,00	0,77	2,00	2,00	6,50	49,00
MS132M2-6	5,5	7,5	380/660	13/7,5	960	85,30	0,78	2,00	2,00	6,50	57,50
MS160M-6	7,5	10	380/660	16,5/9,43	970	86,00	0,80	2,00	2,00	6,50	-
MS160L-6	11	15	380/660	24,1/13,8	970	87,50	0,79	2,00	2,00	6,50	-
MS180L-6	15	20	380/660	31,5/18	970	89,00	0,81	2,00	2,00	7,00	-
MS801-8	0,18	0,25	220/380	0,88/0,5	430	51,00	0,41	1,80	1,80	4,00	8,80
MS802-8	0,25	0,33	220/380	1,15/0,66	640	54,00	0,61	1,80	1,90	4,00	11,00
MS90S-8	0,37	0,5	220/380	1,49/0,85	660	62,00	0,61	1,80	1,90	4,00	13,00
MS90L-8	0,55	0,75	220/380	2,18/1,25	660	63,00	0,61	1,80	2,00	4,00	14,00
MS100L1-8	0,75	1	220/380	2,17/1,24	690	71,00	0,67	1,80	2,00	4,00	20,00
MS100L2-8	1,1	1,5	220/380	2,39/1,37	690	73,00	0,69	1,80	2,00	5,00	26,00
MS112M-8	1,5	2	380/660	4,5/2,5	680	75,00	0,69	1,80	2,00	5,00	43,00
MS132S-8	2,2	3	380/660	10/5,8	710	78,00	0,71	1,80	2,00	6,00	51,00
MS132M-8	3	4	380/660	13,3/7,7	710	79,00	0,73	1,80	2,00	6,00	57,00
MS160M1-8	4	5,5	380/660	10,3/5,8	720	81,00	0,73	1,90	2,00	6,00	69,00
MS160M2-8	5,5	7,5	380/660	13,6/7,8	720	83,00	0,74	2,00	2,00	6,00	78,00
MS160L-8	7,5	10	380/660	-	720	85,50	0,75	2,00	2,00	6,00	8,00

Ilustración 121

### Montaje



### Dimensiones

SIZE	DIMENSIONES MONTAJE (mm)															DIMENSIONES (mm)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T	M	N	P	R	S	T	AB	AC	AD	HD	L
56	90	71	36	9	20	3	7.2	56	5.8	65	50	80	0	M5	2.5	100	80	120	0	7	3.0	110	120	100	155	195
63	100	80	40	11	23	4	8.5	63	7	75	60	90	0	M5	2.5	115	95	140	0	10	3.0	130	130	115	165	230
71	112	90	45	14	30	5	11	71	7	85	70	105	0	M6	2.5	130	110	160	0	10	3.5	145	145	125	185	255
80	125	100	50	19	40	6	15.5	80	10	100	80	120	0	M6	3.0	165	130	200	0	12	3.5	153	155	130	210	285
90S	140	100	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3.0	165	130	200	0	12	3.5	173	175	136	226	330
90L	140	125	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3.0	165	130	200	0	12	3.5	180	185	145	235	360
100L	160	140	63	28	60	8	24	100	12	130	110	160	0	M8	3.5	215	180	250	0	15	4.0	205	215	170	255	380
112M	190	140	70	28	60	8	24	112	12	130	110	160	0	M8	3.5	215	180	250	0	15	4.0	245	240	180	285	400
132S	216	140	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4.0	265	230	300	0	15	4.0	280	275	195	325	475
132M	216	178	89	38	80	10	33	132	12	165	130	200	0	M10	4.0	265	230	300	0	15	4.0	280	275	195	325	515
160M	254	210	108	43	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4.0	300	250	350	0	15	5.0	320	330	255	420	615
160L	254	254	108	42	110	12	37	160	15	215	180	250	0	M12	4.0	300	250	350	0	15	5.0	320	330	255	420	670
180M	279	241	121	48	110	14	42.5	180	15	265	230	300	0	M15	4.0	300	250	350	0	19	5.0	355	380	280	455	700
180L	279	279	121	48	110	14	42.5	180	15	265	230	300	0	M15	4.0	300	250	350	0	19	5.0	355	380	280	455	740

Ilustración 122

#### 8.4.6.1.3 Adopción del moto reductor

Se adopta un reductor GC de la empresa Transpower S.R.L, el cuál reduce de 1000 revoluciones por minuto que posee el motor a las 67 rpm necesarias.

Esta clase de reductores tiene ejes concéntricos de engranajes cilíndricos helicoidales cementados, templados y totalmente rectificadas que garantizan calidad de funcionamiento y durabilidad. Cuando se acoplan a motores eléctricos, forman un conjunto único, compacto, silencioso y sin vibraciones. Existen varias opciones de reducción que pueden variar de 1x7,24 a 1x226,80 y admiten distintas aplicaciones.



	115.2	0.25	0.18	112.0	14.7	1.12	0.16	0.12	87.0	12.1	1.44	0.16	0.12	108.2	10.0	1.16	94%
	7.33	3.00	2.20	87.2	232.0	2.87	2.00	1.50	70.6	191.1	3.54	1.50	1.10	64.5	157.0	3.88	96%
	8.64	3.00	2.20	102.9	196.7	2.43	2.00	1.50	83.3	162.0	3.00	1.50	1.10	76.0	133.1	3.29	96%
	10.31	3.00	2.20	122.7	164.9	2.04	2.00	1.50	99.4	135.8	2.52	1.50	1.10	90.7	111.5	2.76	96%
	12.49	3.00	2.20	148.7	136.1	1.68	2.00	1.50	120.4	112.1	2.08	1.50	1.10	109.9	92.1	2.27	96%
	15.47	3.00	2.20	184.1	109.9	1.36	2.00	1.50	149.0	90.5	1.68	1.50	1.10	136.1	74.4	1.84	96%
GC25/2K	17.08	3.00	2.20	203.3	99.5	1.23	2.00	1.50	164.6	82.0	1.52	1.50	1.10	150.2	67.3	1.66	96%
	19.93	3.00	2.20	237.2	85.3	1.05	2.00	1.50	192.0	70.3	1.30	1.50	1.10	175.3	57.7	1.43	96%
	21.91	3.00	2.20	260.8	77.6	1.00	2.00	1.50	211.1	63.9	1.18	1.50	1.10	192.8	52.5	1.30	96%
	24.25	2.00	1.50	192.5	70.1	1.30	2.00	1.50	233.7	57.7	1.07	1.50	1.10	213.4	47.4	1.17	96%
	27.07	2.00	1.50	214.8	62.8	1.16	2.00	1.50	250.0	51.7	1.00	1.50	1.10	238.1	42.5	1.05	96%
	31.26	2.00	1.50	242.9	54.4	1.03	1.50	1.10	221.2	44.8	1.13	1.00	0.75	179.5	36.8	1.39	94%

Ilustración 123

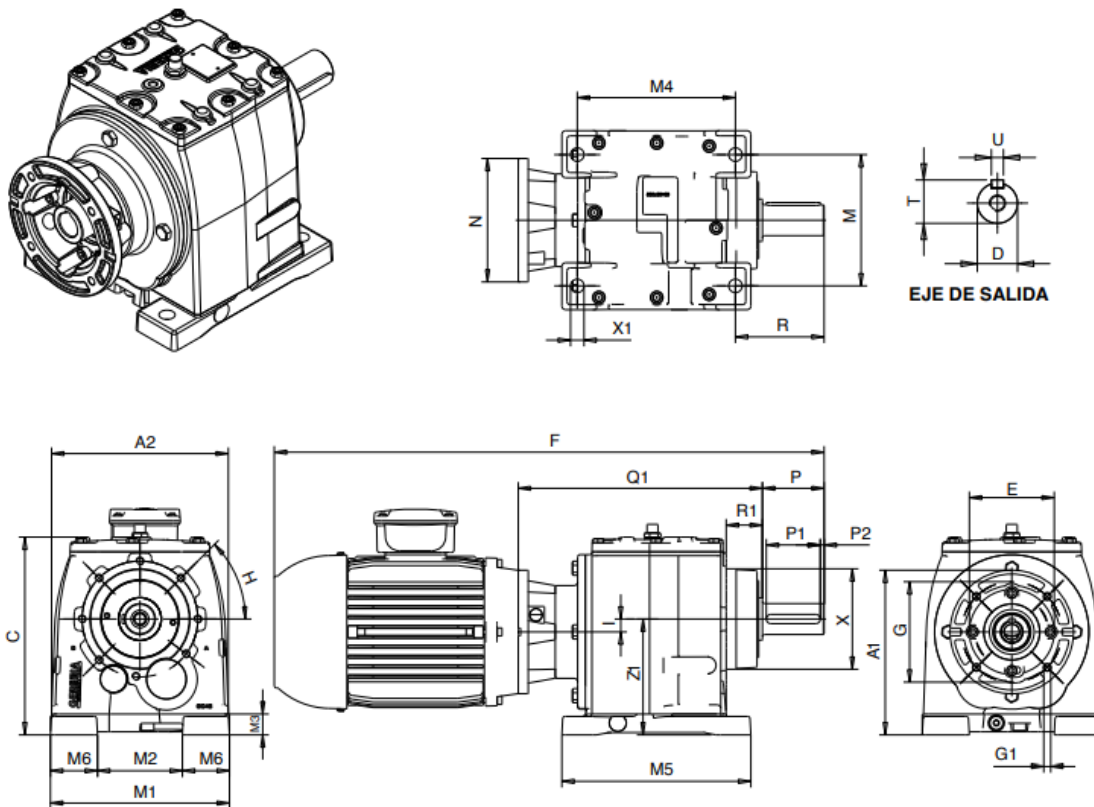


Ilustración 124

TIPO	IEC	A1	A2	C	D <sup>R</sup>	E	F	G	G1	H	I	M	M1	M2	M3	M4	M5	M6	N	P	P1	P2	Q1	R	R1	T	U	X	X1	Z1
GC 15	C63814	12945				60	410,8	75	5,8										90				178,5							
	C71814	13695	141	162	20	70	439,5	85	6,5	*	5,55	110	154	83	14	110	135	27	105	40	30	5	179,5	58	20	22,5	6	61,5	9	90
	C80814	14445				80	468,2	100	7,2										105				180,5							
GC 25	C63814	1492				60	456,55	75	5,8										90				214,25							
	C71814	1567	168	183,5	25	70	485,25	85	6,5	*	5,8	110	168	65	18	130	160	40	105	50	40	5	215,25	81	20	28	8	68	9	110
	C80814	1642				80	509,25	100	7,2										105				223,25							
GC 35	C63814	1717				60	493,75	75	5,8										90				221,25							
	C71814	1792			30°	70	514,5	85	6,5										105	60	50		224,25	90,5		33	8			

Ilustración 125

#### 8.4.6.1.4 Diseño para la chaqueta de calentamiento

##### Chaqueta de Calentamiento

Calor necesario		603744	kcal/h
Flujo de vapor necesario para calentar la mezcla		1146,930091	kg/h
Densidad del vapor		0,596	kg/m <sup>3</sup>
		1924,379348	m <sup>3</sup> /h
Calor latente de vaporización	9475,2		kcal/kmol
Peso molecular	1kmol/18kg		kmol/kg

Tabla 130

##### Chaqueta de Calentamiento

Coefficiente global de transferencia de Calor **UD=**  
150 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Cálculo del MLDT

$$\Delta TL = (120 - 90) - (200 - 90) / \ln((120 - 90) / (200 - 90))$$

61,54

Área de transferencia

A 13,40245182 m<sup>2</sup>

Tabla 131

El área necesaria de transferencia es menor a la disponible y por ende con la chaqueta calculada es suficiente para el intercambio de calor.

El espesor de la chaqueta es generalmente de 50 a 300 mm.

#### 8.4.7 Diseño y adopción del Decantador centrífugo S-301

Un equipo de separación mecánica sólido-líquido debe funcionar adecuadamente en servicio, tanto inicialmente como a largo plazo. Tiene que operar con fiabilidad y con suficiente flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones normales de las condiciones del proceso y requerir poco mantenimiento y reparaciones.

##### 8.4.7.1 Selección del equipo

La selección tiene que tener en cuenta el tamaño, tipo y el material de construcción específico necesario para el proceso. Se debe considerar las capacidades y limitaciones de los equipos disponibles.

En la siguiente figura se indica la zona de trabajo de las diferentes técnicas de separación mecánica sólido-líquido:

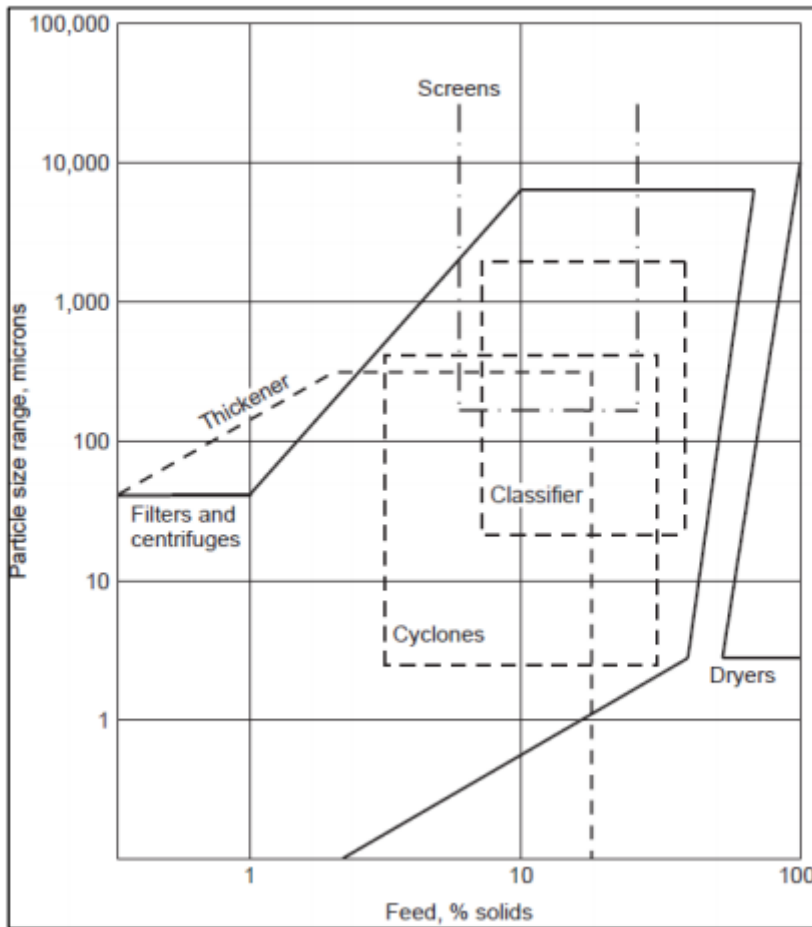


Ilustración 126

FUENTE: Dahlstrom Cornell, Chemical Engineering

A continuación, se detallan los equipos de sedimentación sólidos/líquidos que existen y sus características:

Equipo	Uso típico	Tamaño de partícula [µm]	Concentración de la alimentación [%]	Fuerzas G	Método de separación	Técnica de separación	Proceso
Espesador circular	Espesamiento a gran escala y deliquorización de sólidos desde suspensiones relativamente diluidas.	0.1 – 500	< 20		S E D I M E N T A C I Ó N	G R A V E D A D	O B S T Á C U L O S S I N
Espesador circular de alta capacidad	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	0.1 – 300	< 15				
Espesador de cono profundo	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	0.1 – 300	< 15				
Decantadores laminares	Separación de sólidos de asentamiento rápido donde el espacio disponible es amplio.	1 – 150	< 15			O B S T Á C U L O S C O N	
Clarificadores	Recuperación de licor claro a partir de suspensiones diluidas.	1 – 50	< 15				
Hidrociclón	Espesamiento de suspensiones, clarificación y clasificación de partículas.	5 – 200	2 – 40	70 - 80 000		C E N T R Í F U G A	E S T A C I O N A R I A P A R E D
Tazón Tubular Centrifugo	Clarificación por lotes y (ocasionalmente) clasificación de partículas.	0.1 – 100	< 5	14 000 - 65 000	R O P T A R E O R I A		
Canasta	Recuperación y concentración de lodos sólidos.	0.1 – 100	< 5	< 1 600			
Centrifuga de discos	Clarificación y espesamiento para producir lodos secos.	0.1 – 100	0.05 – 2	14 000			

Ilustración 127

De esta forma, teniendo en cuenta la concentración de sólidos en la alimentación y el tamaño de partículas, se selecciona un decantador centrífugo para el proceso.

#### 8.4.7.2 Cálculos del equipo

Para poder adoptar el decantador centrífugo necesario se calcula la capacidad que debería tener el mismo.

Considerando que la corriente que ingresa posee una humedad de 0,098 la porosidad es de 0,17.

$$\epsilon = \frac{\delta s(m-1)}{\delta + \delta s(m-1)}$$
$$\epsilon = \frac{2650(1,098 - 1)}{1283,72 + (2650 \times 0,098)}$$
$$\epsilon = 0,17$$

Por lo tanto, el volumen total de la torta es de 0,018 m<sup>3</sup>/h

$$V = \frac{0,016}{(1 - 0,098)}$$
$$V = 0,018$$
$$VLt = 0,0018 \times 0,17$$
$$VLt = 0,0031 \text{ ml}$$
$$VC = 1 - 0,0031$$
$$VC = 0,99 \text{ ml}$$
$$S = 0,27$$
$$Cs = 1016 \text{ kg/m}^3$$
$$VCt = 0,99 \times 2,88 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$
$$VCt = 2,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

Capacidad decantador:

$$Cd = 12,55 \text{ gal/min}$$

Dónde:

*VLt= Volumen del líquido de torta*

$VC = \text{Volumen Clarificado}$

$S = \text{Fracción másica}$

$C_s = \text{Concentración de sólidos}$

$VC_t = \text{Volumen clarificado total.}$

Según la Tabla 4.1 del libro PERRY (Manual del Ingeniero Químico), para 20 gal/min y para 62 kg/h de sólidos, el diámetro del recipiente es de 6 plg, la velocidad es de 800 rpm, y la potencia del motor es de 5HP.

#### 8.4.7.3 Adopción del equipo

De acuerdo a los cálculos realizados, se necesita una centrífuga con un tambor de diámetro: 152 mm aproximadamente, con una potencia de 5 HP y con una velocidad de rotación de eje de 8000 rpm aproximadamente. De esta forma se adopta el decantador centrífugo CONTHICK de SIEBTECHNIK con representante en Argentina.

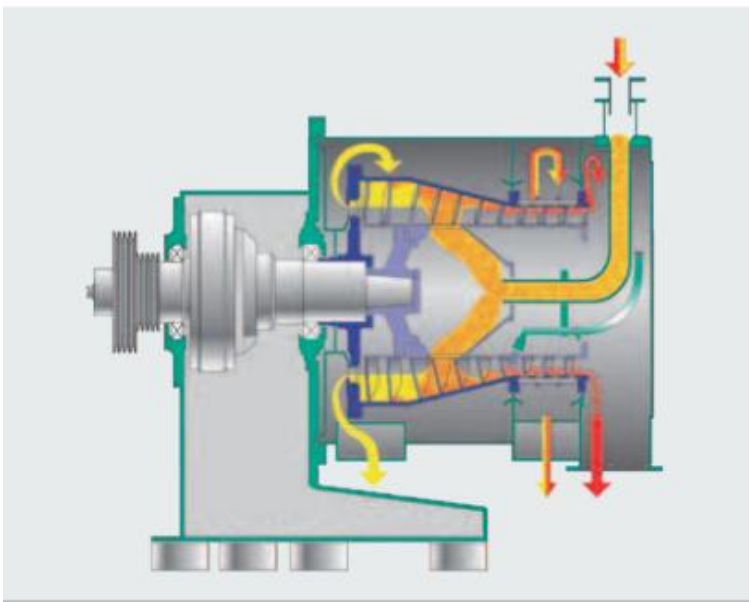


Ilustración 128

La suspensión se alimenta a través de un tubo de entrada al área de pre-engrosamiento de la centrífuga a través de aberturas en el centro en el cuerpo del gusano.

El líquido principal se descargará en la parte trasera del tazón a través de un rebosadero ajustable (vertedero) para obtener una limpia separación de líquidos (filtrado).

Los sólidos se espesan previamente y se transportan al área de cribado donde el desagüe final se lleva a cabo.

El gusano transporta la materia sólida a través de la sección de cribado cilíndrico a la carcasa de descarga. Puede haber una pérdida relativamente pequeña de sólidos en el área de cribado que puede capturarse mediante el reciclaje de vuelta con la alimentación.

Aplicaciones Típicas:

- Cristales, granulados o fibras con buenas características de sedimentación
- Tamaño de partícula  $d' > 0.05$  mm
- Concentración de sólidos en la alimentación 0 - 60% en peso

Las principales ventajas:

- Larga vida útil de los elementos de la pantalla.
- Alto rendimiento / pérdida mínima de sólidos
- Baja humedad residual





Ilustración 129

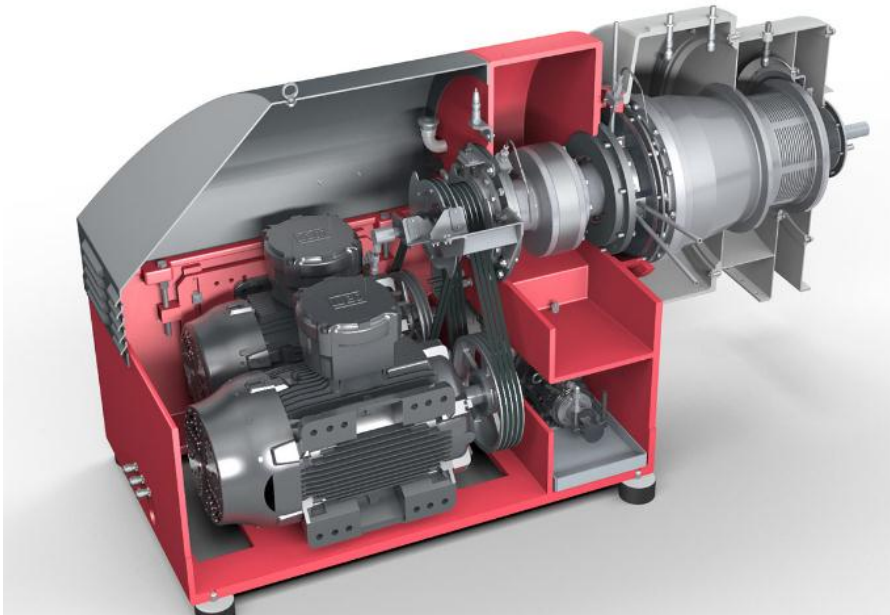


Ilustración 130

**Standard frame sizes**

Type CONTHICK	D / d	240/180	320/240	450/340	600/450	800/600	1000/750	1200/900
Drive motor	approx. kW	5.5	7.5	15	30	55	90	132
Length	mm	1,150	1,200	1,550	1,800	2,250	2,700	3,200
Width	mm	1,200	1,200	1,550	2,000	2,100	2,660	3,100
Height	mm	800	850	1,100	1,300	1,800	2,100	2,300
Weight	kg	700	750	1,300	2,000	4,200	7,500	10,000
We reserve the right to make any changes required by technical advances.								

*Ilustración 131*

### 8.5 Cálculo y adopción de bombas

La potencia de la bomba necesaria para cada caso se calculó en función del siguiente cuadro. Las ecuaciones que se presentan permiten realizar los cálculos; las mismas se extrajeron de (McCabe y Smith, 1981).

#### DISEÑO DE BOMBAS

1- VELOCIDAD (m/s) Q: Caudal (m <sup>3</sup> /h) A: área (m <sup>2</sup> )	$V = \frac{Q}{A}$
2- NÚMERO DE REYNOLDS V: velocidad (m/s) $\delta$ : densidad d: diámetro $\mu$ : viscosidad	$Nre = \frac{V \delta d}{\mu}$
3- FACTOR DE FRICCIÓN	Régimen laminar: $f = \frac{64}{Nre}$ Con diámetro y tipo de tubo $\rightarrow \frac{\epsilon}{d}$ con Nre $\rightarrow$ f
4- PERDIDA DE CARGA F: factor de fricción V: velocidad (m/s) Lt: longitud cañería Le: Longitud equivalente G: aceleración de la gravedad D: distancia	$hf = \frac{f V^2 (Lt + Le)}{2 g d}$
5- TRABAJO DESARROLLADO POR LA BOMBA	$Wp\eta = \frac{\Delta P}{\delta} + \frac{\Delta z g}{gc} + \frac{\Delta v^2}{2 gc} + hf$
6- POTENCIA	$P = \frac{Q \delta Wp}{\eta 75 3600}$

Ilustración 132: Ecuaciones para el diseño de Bombas

### 8.5.1 Resumen de cálculos de bombas

P-01: Transporta P-xileno del T-101 al T-107

P-02: Transporta ácido acético del T-102 al T-107

P-03: Transporta ácido bromhídrico del T-103 al T-107

P-04: Transporta materia prima del T-107 al R-101

P-05: Transporta corriente del E-101 al R-101

P-06: Transporta corriente de producto del R-101 al CR-101

P-07: Transporta corriente del E-102 al CR-101

P-08: Transporta corriente del CR-101 al CR-102

P-09: Transporta corriente del E-103 al CR-102

P-10: Transporta corriente del CR-102 al CR-103

P-11: Transporta corriente del E-104 al CR-103

P-12: Transporta corriente TPA crudo del CR-103 al S-101

P-13: Transporta TPA crudo del S-101 al D-101

P-14: Transporte de Agua del T-106 al T-201

P-15: Transporte del TPA diluido del T-201 al R-201

P-16: Transporte del TPA purificado del R-201 al CR-201

P-17: Transporte del TPA purificado cristalizado del CR-201 al CR-202

P-18: Transporte del TPA del CR-202 al S-201

- P-19: Transporte del Agua de operación del S-101 a la C-301
- P-20: Transporte de la corriente del E-301 a la C-301
- P-21: Transporte del residuo de C-301 del E-303 al E-307
- P-22: Transporte de corriente del E-302 a la C-302
- P-23: Transporta corriente del E-304 al E-305
- P-24: Transporta materia prima recuperada del E-302 al T-107
- P-25: Transporta ácido acético glacial del T-301 al R-301
- P-26: Transporta agua de operación del T-302 al R-301
- P-27: Transporta corriente de R-301 al E-306
- P-28: Transporta corriente de E-306 al S-301
- P-29: Transporta catalizador recuperado del S-301 al T-107
- P-30: Transporta corriente del E-307 a la C-302
- P-31: Transporta agua residual de E-301 a Trat. De efluente
- P-32: Transporta agua residual de S-201 a Trat. De efluente
- P-33: Retorno de condensado a caldera desde T-107
- P-34: Retorno de condensado a caldera desde T-201
- P-35: Retorno de condensado a caldera desde E-307
- P-36: Retorno de condensado a caldera desde R-301
- P-37: Transporte desde Torre de enfriamiento a R-101 y retorno

P-38: Transporte desde Torre de enfriamiento a CR-101 y retorno

P-39: Transporte desde Torre de enfriamiento a CR-102 y retorno

P-40: Transporte desde Torre de enfriamiento a CR-103 y retorno

P-41: Transporte desde Torre de enfriamiento a CR-201 y retorno

P-42: Transporte desde Torre de enfriamiento a CR-202 y retorno

P-43: Retorno de condensado a caldera desde E-303

P-44: Retorno de condensado a caldera desde E-304

P-45: Transporte desde Torre de enfriamiento a E-301 y retorno

P-46: Transporte desde Torre de enfriamiento a E-302 y retorno



	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>	<b>P-03</b>	<b>P-04</b>	<b>P-05</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	16562	49904	127	67375	36060
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,857	0,583	0,102	0,975	1,13
<b>Diámetro (m)</b>	0,088	0,168	0,0171	0,168	0,114
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	865	1073	1490	863	863
<b>Viscosidad (P)</b>	0,0065	0,0105	0,01	0,0025	0,0025
<b>Reynolds</b>	101420	99538	262	551909	434892
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,0006	0,0006	0,244	0,0001	0,0001
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	1 conexión T	2 conexión T			
	4 codos de 90°	4 codos de 90°	4 codos de 90°	3 codos de 90°	2 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	62	60	42	18	7



<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	279	226	216	109	89
<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,043	0,051	55,72	0,004	0,006
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0	0	0	0,00023	0,002
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	8	8	8	4	2
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	8,005	8,52	63,72	4,004	2,05
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	49,1	157,49	2,99	99,91	27,35
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>50</b>	<b>155</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>30</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	3	4	2	2	2

Tabla 132





	<b>P-06</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	80849	93969	79930	600	79930
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,87	0,67	0,68	0,29	0,685
<b>Diámetro (m)</b>	0,168	0,219	0,219	0,0266	0,219
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1156	1026	860	1023	860
<b>Viscosidad (P)</b>	0,0062	0,0103	0,0011	0,0101	0,0011
<b>Reynolds</b>	271882	146504	1152701	7812	1152701
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,00023	0,00043	0,00005	0,00819	0,00005
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	3 codos de 90°	2 codos de 90°	3 codos de 90°	2 codos de 90°	3 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	16	5	23	5	24
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	137	130	176	22	176

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,011	0,014	0,0026	0,3209	0,0026
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	-0,0015	0,00019	-0,00023	0	0
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	5	0	3	6	0
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	5,26	0,494	3,5	6,51	0,496
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	157,63	17,21	103,5	1,45	14,7
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>150</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>1,5</b>	<b>15</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 133



	<b>P-11</b>	<b>P-12</b>	<b>P-13</b>	<b>P-14</b>	<b>P-15</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	600	80843	25983	143353	168979
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,291	0,693	0,77	1,056	0,932
<b>Diámetro (m)</b>	0,0266	0,219	0,101	0,219	0,273
<b>Densidad (kg/m3)</b>	1023	860	1156	1000	860
<b>Viscosidad (P)</b>	0,0101	0,00112	0,00625	0,001	0,00111
<b>Reynolds</b>	7812	1165868	144722	231543	1958739
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,081	0,00005	0,00044	0,00027	0,00003
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	2 codos de 90°	3 codos de 90 °	2 codos de 90°	6 codos de 90 °	3 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	5	7	6	61	14
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	32	144	79	336	224

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,32	0,00209	0,02	0,025	0,00156
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0	0	0	0	0,00332
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	6	1	1	2	3
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	6,51	1,507	1,233	2,131	3,26
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	1,447	45,13	11,87	113,19	204,53
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>1,5</b>	<b>45</b>	<b>12,5</b>	<b>115</b>	<b>200</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 134



	<b>P-16</b>	<b>P-17</b>	<b>P-18</b>	<b>P-19</b>	<b>P-20</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	168750	168750	168750	54609	5771
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,931	0,931	0,931	0,68	0,902
<b>Diámetro (m)</b>	0,273	0,273	0,273	0,168	0,048
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	860	860	860	1000	971
<b>Viscosidad (P)</b>	0,0011	0,0011	0,0011	0,00523 9	0,0033
<b>Reynolds</b>	1956084	1956084	1956084	219185	126199
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,00003 2	0,00003	0,00003	0,00029	0,0005
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	4 codos de 90°	4 codos de 90°	3 codos de 90°	5 codos de 90°	3 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	17	8	10	23	7
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	229	217	229	173	45,5

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,167	0,0015	0,0014	0,016	0,031
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	-0,007	-0,0009	0	0	0
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	3	2	1	5	1
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	3,257	2,26	1,064	5,17	1,435
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	203,57	141,44	66,5	104,58	3,06
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>3</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 135



	<b>P-21</b>	<b>P-22</b>	<b>P-23</b>	<b>P-24</b>	<b>P-25</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	48837	5771	1902	46935	3000
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,654	0,902	0,808	0,634	0,277
<b>Diámetro (m)</b>	0,168	0,048	0,026	0,168	0,06
<b>Densidad (kg/m3)</b>	932	971	1170	925	1050
<b>Viscosidad (P)</b>	0,003	0,0033	0,0003	0,003	0,003
<b>Reynolds</b>	339483	126199	80805	323164	18612
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,00018	0,0005	0,0001	0,00019	0,0034
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	3 codos de 90°	3 codos de 90°	3 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	12	7	14	65	29
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	118	45,5	48	240	100

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,0077	0,031	0,082	0,017	0,23
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0	0	-0,00008	-0,0001	0
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	2	1	2	4	3
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	2,6	1,435	2,24	4,75	3,33
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	47,07	3,06	1,58	79,52	3,7
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>80</b>	<b>4</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 136





	<b>P-26</b>	<b>P-27</b>	<b>P-28</b>	<b>P-29</b>	<b>P-30</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	461	3700	3700	3700	48837
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,554	0,994	0,994	0,624	0,901
<b>Diámetro (m)</b>	0,017	0,033	0,033	0,042	0,114
<b>Densidad (kg/m3)</b>	1000	1180	1180	1180	1468
<b>Viscosidad (P)</b>	0,00523	0,0094	0,0094	0,0094	0,003
<b>Reynolds</b>	18155	41463	41463	32848	475448
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,0035	0,0015	0,0015	0,0019	0,00013
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	5 codos de 90°	4 codos de 90°	4 codos de 90°	7 codos de 90°	4 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	35	14	6	100,5	14
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	98	50	35	241,5	102

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,97	0,148	0,102	0,57	0,007
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,0004	0	0	0	0
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	5	2	1	8	5
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	6,07	2,4	1,35	8,68	5,5
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	1,03	3,28	1,85	11,89	99,48
<b>Potencia Adoptada</b>	1	3,5	2	12,5	100
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 137



	<b>P-31</b>	<b>P-32</b>	<b>P-33</b>	<b>P-34</b>	<b>P-35</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	5771	143027	3394	65920	50000
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,903	0,678	0,675	0,823	0,628
<b>Diámetro (m)</b>	0,048	0,273	0,042	0,168	0,168
<b>Densidad (kg/m3)</b>	970	1000	1000	1000	1000
<b>Viscosidad (P)</b>	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005
<b>Reynolds</b>	126199	353797	54373	264584	200685
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,0005	0,0001	0,001	0,0002	0,00031
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	9 codos de 90°	7 codos de 90°	7 codos de 90°	3 codos de 90°	3 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	86	61	85	35	16
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	218,5	368	210,5	177	145

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,13	0,012	0,315	0,015	0,014
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	-0,0001	0	0,00005	0,00005	0,00005
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	7	1	2	2	2
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	7,27	1,15	2,44	2,24	2,14
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	15,54	61,04	3,06	54,71	39,7
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>15,5</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>55</b>	<b>40</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 138



	<b>P-36</b>	<b>P-37</b>	<b>P-38</b>	<b>P-39</b>	<b>P-40</b>
<b>Caudal (kg/h)</b>	1147	2533000	98000	107000	101000
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,228	0,96	0,72	0,78	0,74
<b>Diámetro (m)</b>	0,042	0,96	0,219	0,219	0,219
<b>Densidad (kg/m3)</b>	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Viscosidad (P)</b>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
<b>Reynolds</b>	18375	1772545	302136	329883	311385
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,0034	0,00003	0,0002	0,00019	0,0002
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	4 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°	6 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	17	51	55	60	67
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	61	807	270	280	306

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,197	0,0016	0,015	0,015	0,017
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,00005	0	0	0	0
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	3	0	3	3	3
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	3,29	0,076	3,34	3,41	3,37
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	1,4	71,3	121,5	135,21	126,09
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>1,5</b>	<b>70</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>125</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2

Tabla 139



	P-41	P-42	P-43	P-44	P-45	P-46
<b>Caudal (kg/h)</b>	1012000	840000	450375	400000	430000	269000
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,82	0,95	0,76	0,86	0,92	0,9
<b>Diámetro (m)</b>	0,66	0,558	0,457	0,406	0,406	0,323
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Viscosidad (P)</b>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
<b>Reynolds</b>	1035029	1015318	665345	664791	714651	560945
<b>Coefficiente de fricción (f)</b>	0,00006	0,00006	0,00009	0,00009	0,00008	0,00011
<b>Accesorios</b>	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas	2 válvulas
	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada	1 entrada
	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida	1 salida
	5 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°	5 codos de 90°
<b>Equipo (m)</b>	51	59	82	73	91	85
<b>Longitud total, L+Le (m)</b>	545	489	479	448	484	490

<b>Pérdida de carga, Hf (m)</b>	0,0031	0,0036	0,0064	0,0067	0,007	0,0099
<b>Diferencia de Presión, <math>\Delta P</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0	0	-0,0001	-0,0001	0	0
<b>Diferencia de altura, <math>\Delta z</math> (m)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Eficiencia, <math>\eta</math></b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Altura Teórica, Ht (m)</b>	0,37	0,36	0,539	0,412	0,476	0,168
<b>Potencia Calculada (hp)</b>	141,65	114,5	89,94	61,17	75,89	16,8
<b>Potencia Adoptada</b>	<b>140</b>	<b>110</b>	<b>90</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>20</b>
<b>Cantidad de bombas</b>	2	2	2	2	2	2

Tabla 140

Las bombas adoptadas para cada caso serán centrífugas, ya que son las más utilizadas a nivel industrial para transportar fluidos. Además, son sencillas, de bajo costo inicial, el flujo es uniforme y necesita pequeño espacio para su instalación.



## 8.6 Cálculo y adopción de compresores

Como consecuencia de la variación de densidad en el flujo compresible, resulta inadecuada la forma integrada de la ecuación de Bernoulli, sin embargo, se puede escribir dicha ecuación de forma diferencial y relacionar con ella el trabajo del árbol con la diferencia de presión. En soplantes y compresores, las energías mecánicas potenciales y cinética no varían sensiblemente y puede prescindirse de los términos de carga estática y de velocidad. Además, se supone que no existe fricción en el compresor,  $\eta=1$  y  $hf=0$  (McCabe y Smith, 1981). Por lo tanto, se tiene que:

$$dW_{pr} = dp / \delta$$

Integrando dicha ecuación entre la presión de succión  $p_1$  y la presión de descarga  $p_2$  se obtiene el trabajo de compresión, para un gas ideal sin fricción:

$$W_{pr} = \int_{p_1}^{p_2} (dp / \delta)$$

Para poder usar la ecuación b ha de calcularse la integral, pero para ello, se requiere conocer el camino termodinámico que sigue el fluido en el aparato desde la succión hasta la descarga. El procedimiento es el mismo, independientemente del tipo de compresor (alternativo, rotatorio de desplazamiento positivo, o centrífugo). El camino termodinámico, puede ser adiabático (compresión isentrópica), isotérmico o politrópico. Dado que la mayoría de los compresores operan a lo largo de una trayectoria politrópica que se aproxima al adiabático, los cálculos del compresor se basan generalmente en la curva adiabática. (Perry, Robert H., 7ª edición, 1997).

Integrando la ecuación, se calcula el trabajo y luego la potencia adiabática, que está dada por:

$$kW_{ad} = 2.78 \times 10^{-4} \frac{k}{k-1} Q_1 p_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{(k-1)/k} - 1 \right]$$

Dónde:

$kW_{ad} = potencia (kW)$

$Q1 = Velocidad de flujo de gas (m^3/h)$

$p1 = presión absoluta de entrada del gas (kPa)$

$p2 = presión absoluta de descarga del gas (kPa)$

$k = Relación de calor específico a presión constante con el de volumen constante$

Para aire y gases diatómicos se tiene un valor de  $k = 1,39$  a  $1,41$ .

Para simplificar los cálculos para estos gases, existen tablas de la expresión entre corchetes  $[(p2 / p1)^{(k - 1) / k} - 1]$  de la ecuación c, para un valor de  $k = 1,395$ . Estos son conocidos como factores X, y se dan en la Tabla 10-13 (Perry, Robert H., 7ª edición, 1997). Mediante el uso de factores X, las fórmulas adiabáticas para  $k = 1,395$  se leen como se muestra en la ecuación e y la T2 se ve en la ecuación f.

$$kW_{ad} = 9.81 \times 10^{-4} Q_1 p_1 X$$

En las tablas siguientes se muestran los cálculos correspondientes para determinar la potencia requerida para los compresores de hidrógeno (K-01), de oxígeno (K-02) y de aire (K-03).

El compresor K-01 es el necesario para alimentar de hidrógeno el reactor de purificación del product, mientras que el K-02 es el necesario para alimentar de oxígeno el reactor de oxigenación y el K-03 es el necesario para el aeroenfriador.

<b>K-01</b>	
<b>P1</b>	364
<b>P2</b>	6890

<b>X</b>	1,28
<b>Q1</b>	36,7
<b>Kwad</b>	16,77

Tabla 141

<b>K-02</b>	
<b>P1</b>	101
<b>P2</b>	1925
<b>X</b>	1,3
<b>Q1</b>	19599,21
<b>Kw ad</b>	2524,45

Tabla 142

<b>K-03</b>	
<b>P1</b>	101
<b>P2</b>	202
<b>X</b>	0,2184
<b>Q1</b>	52148
<b>Kw ad</b>	1128,44572

Tabla 143

Se adopta de la empresa Atlas Copco para el cálculo realizado del K-01 un compresor de tornillo exento de aceite con inyección de agua modelo AQ 15-55 VSD, los mismos satisfacen la necesidad de aire puro y ofrecen la mejor eficiencia energética para aplicaciones que exigen fiabilidad y pureza.

### Especificaciones técnicas

TIPO DE COMPRESOR	Presión de trabajo máx. (bar(e)/psig)		Capacidad FAD <sup>1</sup>			Potencia instalada del motor		Nivel sonoro <sup>2</sup>	Peso (kg/lbs)	
	Pack	Full Feature	l/s	m <sup>3</sup> /min	cfm	kW	CV	dB(A)	Pack	Full Feature
<b>Refrigerado por aire</b>										
AQ 15 VSD	13/188	12,75/185	22-47	1,3-2,8	47-100	15	20	67	650 / 1433	700 / 1543
AQ 18 VSD	13/188	12,75/185	22-54	1,3-3,2	47-114	18	25	69	650 / 1433	700 / 1543
AQ 22 VSD	13/188	12,75/185	22-66	1,3-4,0	47-140	22	30	70	740 / 1631	800 / 1784
AQ 30 VSD	13/188	12,75/185	22-83	1,3-5,0	47-176	30	40	72	740 / 1631	810 / 1786
AQ 37 VSD	13/188	12,75/185	43-105	2,6-6,3	93-223	37	50	69	1195 / 2635	1306 / 2879
AQ 55 VSD	13/188	12,75/185	43-147	2,6-8,8	93-311	55	75	72	1195 / 2635	1314 / 2897
<b>Refrigerado por agua</b>										
AQ 15 VSD	13/188	12,75/185	22-47	1,3-2,8	47-100	15	20	67	542 / 1195	592 / 1305
AQ 18 VSD	13/188	12,75/185	22-54	1,3-3,2	47-114	18	25	69	542 / 1195	592 / 1305
AQ 22 VSD	13/188	12,75/185	22-66	1,3-4,0	47-140	22	30	70	632 / 1393	692 / 1526
AQ 30 VSD	13/188	12,75/185	22-83	1,3-5,0	47-176	30	40	72	632 / 1393	702 / 1548
AQ 37 VSD	13/188	12,75/185	42-108	2,5-6,5	89-229	37	50	66	1090 / 2403	1201 / 2648
AQ 55 VSD	13/188	12,75/185	42-155	2,5-9,3	90-328	55	75	69	1090 / 2403	1209 / 2665

Ilustración 133

Altura: 1500 mm, 59,1"

Profundidad: 974 mm, 38,5"

Ancho: 1976 mm, 77,4"

Para el cálculo del K-02 se adopta de la misma empresa un compresor de aire libre de aceite modelo ZH.

### Especificaciones técnicas

Capacidad FAD (l/s)	1 272 l/s - 9 790 l/s
Capacidad FAD	4 579 m <sup>3</sup> /h - 35 244 m <sup>3</sup> /h
Presión de trabajo	2,5 bar(e) - 13 bar(e)
Potencia instalada del motor	355 kW - 3 150 kW
Capacity FAD m <sup>3</sup> /min	76,32 m <sup>3</sup> /min - 587,4 m <sup>3</sup> /min

Ilustración 134

TIPO	Peso (kg)		Dimensiones (mm)		
	2 etapas	3 etapas	L	An.	AL
ZH 1000	18520	-	6650	3290 (con refrigerador posterior) 2880 (sin refrigerador posterior)	3360
ZH 1120	18520	-			
ZH 1250	18720	-			
ZH 1400	18720	21833			
ZH 1600	20520	23433			
ZH 1800	20520	23433			
ZH 2000	20520	26633			
ZH 2250	20520	26633			
ZH 2550	-	26633			
ZH 2850	-	26983			
ZH 3150	-	27483			

Ilustración 135

Según los datos obtenidos en el cálculo del compresor V-03 se adoptó un compresor libre de aceite de la misma marca que los anteriores, modelo ZH. En la figura siguiente se encuentran las especificaciones técnicas del mismo.

TIPO	Peso (kg)		Dimensiones (mm)		
	2 etapas	3 etapas	L	An.	AL
ZH 630*	9940	-	5220	2350	2770
ZH 710*	9940	-			
ZH 800*	9940	-			
ZH 900*	9940	10580			
ZH 1000*	9940	10580			
ZH 1120*	-	10580			
ZH 1250*	-	10580			
ZH 1400*	-	11470			
ZH 1800*	-	11470			

Ilustración 136

## 8.7 Adopción de generadores de aire caliente (G-01/02)

Se necesitan dos generadores de aire caliente para los secadores rotativos del proceso.

El primer secador rotativo maneja un caudal de 2678,5 m<sup>3</sup>/h de aire caliente y transfiere 130740 kcal/h (152 kW), mientras que el segundo maneja un caudal de 2191,5 m<sup>3</sup>/h y transfiere 106970 kcal/h (126,5 kW).

Para estas necesidades se adoptan dos generadores de aire caliente de 145 kW con un caudal de aire de hasta 11000 m<sup>3</sup>/h de la empresa Metmann, las especificaciones técnicas se encuentran en la siguiente figura.

MODELO Model Modèle	POTENCIA CALORÍFICA Heat power Puissance	RENDIMIENTO Performance Rendement	CAUDAL DE AIRE Air flow volume Débit d'air	MOTOR Motor Moteur	NIVEL SONORO Sound level Niveau Sonore	DIMENSIONES Dimensions Dimensions	SECCIÓN IMPULSIÓN Impulsion section Section de soufflage	SALIDA HUMOS Smoke outlet Sortie de fumée	PESO Weight Poids
-	kW	%	m <sup>3</sup> /h Pa**	kW	3m	A x B x C mm	D x E mm	Ømm	Kg
MM-030-G (1)	26	90	2.200 60	0,19 *(A)	60 dB (A)	410x700x1130	600x350	120	75
MM-050-G (1)	43	90	3.500 215	0,79 *(A)	60 dB (A)	475x805x1320	650x415	120	112
MM-070-G (1)	69	90	4.800 150	0,76 *(A)	64 dB (A)	550x1000x1500	900x490	150	172
MM-105-G (1)	100	90	8.900 130	1,50 *(B)	75 dB (A)	700x1090x1785	988x600	150	238
MM-160-G (2)	145	90	11.000 220	2,20 *(B)	79 dB (A)	800x1445x1930	1345x700	200	360
MM-200-G (2)	200	92	17.000 85	3,00 *(B)	71 dB (A)	935x1790x2124	1670x0815	200	510
MM-250-G (2)	250	92	19.000 130	4,00 *(B)	73 dB (A)	935x1790x2124	1670x0815	200	510
MM-300-G (2)	300	92	22.500 140	4,00 *(B)	71 dB (A)	1150x2100x2170	1960x1010	250	800
MM-350-G (2)	350	92	26.500 160	5,50 *(B)	74 dB (A)	1150x2100x2170	1910x1010	250	800
MM-400-G (2)	390	92	31.000 185	7,50 *(B)	76 dB (A)	1150x2100x2170	1960x1010	250	850
MM-500-G (3)	550	92	39.000 60	2 x 4,00 *(B)	82 dB (A)	1540x2355x2260	2150x1400	350	1.390
MM-550-G (3)	600	92	46.000 40	2 x 5,50 *(B)	84 dB (A)	1540x2355x2260	2150x1400	350	1.405

(1) Ventilador simple (2) Ventilador doble (3) 2 Ventiladores dobles

(1) Simple fan (2) Double fan (3) Two doubles fans

(1) Seul ventilateur (2) Ventilateur double (3) Deux doubles ventilateurs

TENSIÓN MOTOR / VOLTAGE MOTOR / TENSION MOTEUR \* (A) 230 V/I/50Hz \*(B) 400V/III/50Hz

\*\* Presión disponible / Available pressure / Pression disponible

Ilustración 137

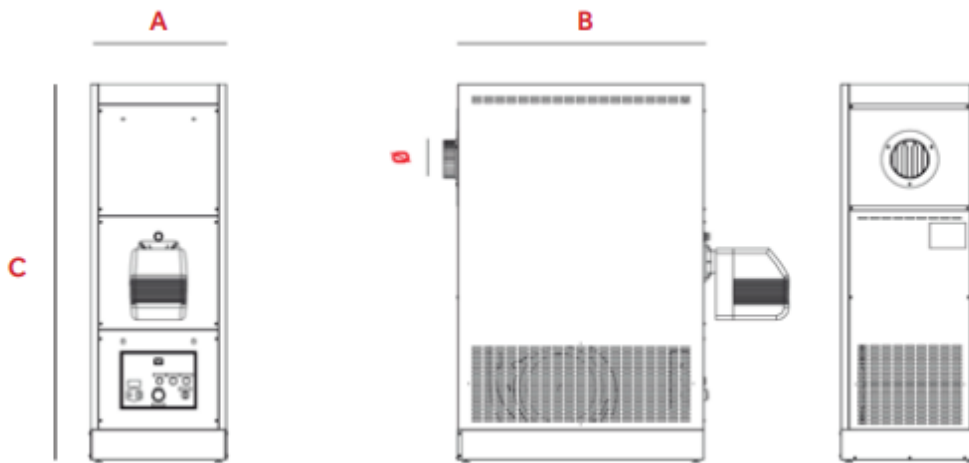


Ilustración 138

## **Capítulo IX**

### **9 SERVICIOS AUXILIARES**



## 9.1 Introducción

Esta sección tiene como propósito presentar los servicios auxiliares que requiere la industria como parte integral de las actividades contempladas en el desarrollo de la planta, sin los cuales no sería posible el funcionamiento de muchos de los equipos involucrados en el proceso.

### 9.1.1 Vapor

Para la producción ácido tereftálico se necesita del suministro de vapor en diferentes etapas de calentamiento del proceso. El vapor necesario lo suministra una caldera pirotubular construida con técnica de tres pasos con dos hogares de combustión y conducciones de gases de humos completamente independientes.

El agua tiene un amplio uso en la industria, pero cuando se utiliza para generar vapor, se exige agua muy pura, ya que las impurezas pueden afectar el funcionamiento de la caldera. Se pueden generar incrustaciones, si el agua posee sales de Ca o Mg, lo que dificultará la transmisión de calor y provoca un aumento en el uso de combustible. También puede producirse la corrosión de la caldera, por la presencia de gases disueltos. Por lo tanto, debe contarse con un sistema de tratamiento de aguas.

El tratamiento se realiza siguiendo el orden de tamaño de las partículas: de mayor a menor. Es imprescindible contar con un sistema de intercambio iónico, que permita retener cationes o aniones del agua remplazándolos por otros que no producen incrustaciones.

En la siguiente se muestra la presión y caudal de vapor requerido en cada etapa

	<b>Presión kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>kg/h</b>
<b>T - 107</b>	4,75	3394
<b>T - 201</b>	4,75	65620

<b>R - 301</b>	4,75	1147
<b>E - 307</b>	4,75	50000
<b>E - 303</b>	4,75	45375
<b>E - 304</b>	4,73	40000
<b>Total</b>		205536

Tabla 144: Vapor requerido en cada etapa

### Adopción de la caldera

Para los requerimientos de vapor se seleccionan cuatro calderas que puedan abastecer la planta. Si se eleva la demanda, se podrá satisfacer sin inconvenientes. Se adoptan cuatro calderas de vapor de doble hogar ZFR de la marca BOSCH.

Cada una cuenta con un gran volumen de agua con dos hogares y tres pasos de humos por cada hogar y totalmente separados. Se instala este modelo cuando se requiere un suministro fiable de vapor y calor con gran potencia. Equipado con economizador ya integrado, opcionalmente.

Capaz de producir de 18.000 a 55.000 kg vapor/h.

### Ventajas:

- Gran eficiencia gracias al economizador de humos incorporado.
- Control de caldera muy intuitivo con la máxima claridad.
- Mantenimiento de calidad y presión de vapor incluso cuando hay grandes picos de consumo.
- Amplio rango de funcionamiento y regulación.
- Mínimas pérdidas por radiación gracias a la reducida superficie de aireación.
- Sencilla puesta en marcha.
- Bajas emisiones gracias al uso de un óptimo sistema de combustión.

<b>Modelo</b>	<b>ZFR</b>
<b>Fluido</b>	Vapor saturado – alta presión
<b>Tipo</b>	Generador de vapor pirotubular, 3 pasos y doble hogar
<b>Producción</b>	de 18.000 a 55.000 kg/h
<b>Presión de diseño</b>	hasta 30 bar
<b>Temperatura máx.</b>	hasta 235 °C
<b>Combustibles</b>	Gas, gasóleo, fuel-oil

Tabla 145: Datos de la caldera adoptada

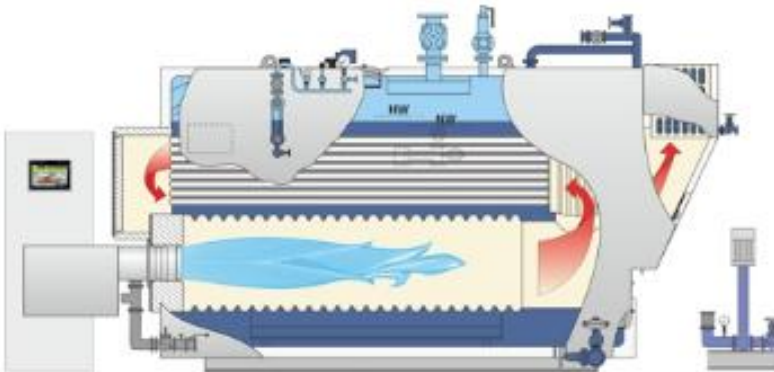


Ilustración 139: Funcionamiento de la Caldera



Ilustración 140: Representación de la caldera

UNIVERSAL High pressure steam boiler Type	Base frame							Universal column IPB - HEB - DIN 1025
	L 5	L 6	L 7	L 8	L 9	L 10	B 3	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
ZFR 20000	4325	3725	925	625	300	225	2470	260
ZFR 23000	4575	3975	925	625	300	225	2600	280
ZFR 28000	5225	4625	925	625	300	225	2700	300
ZFR 30000	5375	4775	850	550	300	225	2800	300
ZFR 35000	5500	4900	950	650	300	225	2900	300
ZFR 40000	5500	4900	1120	820	300	225	2900	300
ZFR 50000	5500	4900	1325	1025	300	425	3100	300
ZFR 55000	6250	5650	1325	1025	300	425	3100	300

Ilustración 141: Modelos de Calderas y dimensiones

### 9.1.2 Gas Natural

La red interna de gas dentro del parque industrial recorre la totalidad de las calles internas del parque, sobre uno de sus laterales. Consiste en un anillo, con diámetros y longitudes variables. La empresa prestadora del servicio es Litoral Gas, de Transportadora de Gas del Norte S.A. Para la producción de ácido tereftálico, se utiliza este servicio en la producción de vapor para calentamiento y para uso general en el sector de oficinas, laboratorio,

suministro de agua caliente en baños, cocina, etc. El gas natural consumido por la caldera se calcula como la energía necesaria para llevar la corriente de ingreso a las condiciones requeridas en el proceso.

La energía necesaria para producir 205600 kg/h de vapor es  $1,156 \cdot 10^8$  kcal/h. Teniendo en cuenta que el poder calorífico del gas es  $10000 \text{ kcal/m}^3$  y tiene una eficiencia del 85%, se necesitarán  $13600 \text{ m}^3/\text{h}$  de gas natural, a esto se le adiciona un 5% para consumo general o que hace un total de  $14280 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### 9.1.3 Agua

Es un servicio que cumple un rol fundamental dentro del proceso productivo. El abastecimiento dentro del Parque Industrial se realiza por medio de una perforación por cada parcela del acuífero Puelche, el cual es el más adecuado para su explotación debido a que éste se encuentra relativamente accesible, y que el agua obtenida de él, es apta para la mayoría de los usos. La productividad del Puelche oscila entre los 30 y 160  $\text{m}^3/\text{h}$  por pozo, pudiendo ser utilizado para el consumo humano, el riego y la industria.

Para la producción de ácido tereftálico se requiere dicho servicio para diluir el ácido tereftálico crudo en el T-201 y para lavar la arena de pirólisis, para generar vapor en la caldera, para los intercambiadores de calor, y para uso general (limpieza y consumo). En la tabla siguiente se muestra un resumen del consumo en el proceso.

Agua de proceso	
T-201	143353
R-301	461,6
C-303	10990
Agua de enfriamiento	

Equipo	kg/h
Chaqueta R-101	2533000
E-101	200000
Chaqueta CR-101	98000
Chaqueta CR-102	107000
Chaqueta CR-103	101000
E-102	13000
E-103	200
E-104	200
Chaqueta CR-201	1012000
Chaqueta CR-203	840000
E-305	200000
E-306	10000
E-301	430000
E-302	269000
TOTAL	<b>5968204,6</b>

Tabla 146: Agua requerida

### 9.1.3.1 Consumo de agua

- Agua de proceso

#### Agua de dilución

Debido a que el 51% del agua de operación que se obtiene en el decantador centrífugo CR-202 se recircula al T-201, se debe adicionar un total de 70242kg/h al tanque T-201.

Agua para regenerar el catalizador. Se debe adicionar al reactor R-301 462kg/h de agua.

Se utiliza 10990kg/h de agua para lavar los gases de salida de toda la producción.

- Agua de servicios auxiliares

Necesaria para que trabajen los intercambiadores de calor, se requieren 5 813400 kg/h. Estos kg/h de agua atraviesan los intercambiadores de calor y luego son enviados a la torre de enfriamiento, la cual se emplea para poner en contacto el agua caliente con aire, con el fin de enfriar el agua y poder reutilizarla en el proceso. Las corrientes ingresan a la torre de enfriamiento a 45 °C y se retiran con 20 °C.

Teniendo en cuenta lo anterior se calcula el calor a eliminar que hace un total de  $1,45 \cdot 10^7$  kcal/h. Se considera un 0,5% de pérdidas para las corrientes ya que ingresan a 45°C, por lo que el caudal de ingreso de agua de reposición es de 29067kg/h.

- Agua para generar vapor

Son 205536 kg/h requeridos en la caldera para abastecer los requerimientos en diferentes etapas del proceso. Como se dijo anteriormente se debe seleccionar y realizar un tratamiento inicial para ablandar el agua de pozo que se utiliza constantemente en cada ciclo productivo. Se estima un 0,5% de pérdidas de agua, la cual debe extraerse de pozo, tratar y adicionar a la caldera y es igual a 1028 kg/h.

- Agua para consumo general

Se estiman 150 kg/h, la cual se extrae de pozo.

Se hace un cálculo estimativo del agua de pozo necesaria por hora, que hace un total de 100949 kg, lo que quiere decir 110 m<sup>3</sup>/h. Lo que indica que la cantidad de agua que provee el parque Industrial por hora es suficiente para nuestros requerimientos.

### 9.1.3.2 Adopción de la torre de enfriamiento

Se calculó anteriormente que las kcal/h a remover son  $1,45 \cdot 10^7$ , lo que equivale a 4795 TR. Para dicho requerimiento, se seleccionan cuatro torres de la serie CMK de la firma BTETORRI.

Las especificaciones técnicas se encuentran a continuación.

Modello CMK	Portata aria m <sup>3</sup> /s	Numero motori e ventilatori	ogni ventilatore		potenza dissipata				peso Kg (**)					
			assorbita motore KW		heat rejection				arrang. "CV"		arrang. "SV"		arrang. "US"	
			each fan	absorbed KW	installed KW	36 / 30 / 24 (*)	45 / 30 / 24 (*)	a vuoto	con acqua	a vuoto	con acqua	a vuoto	con acqua	
Model CMK	Portata aria m <sup>3</sup> /s	Number fans and motors	absorbed KW	installed KW	KW	Kcal/h	KW	Kcal/h	"CV" arrang. net	operating	"SV" arrang. net	operating	"US" arrang. net	operating
4060	16,11	1	4,9	5,5	893	759380	1429	1228940	2050	4200	1950	2700	1750	2500
4065	18,42	1	6,9	7,5	996	856660	1607	1382020	2050	4200	1950	2700	1750	2500
4090	17,27	1	7,1	7,5	1070	920200	1793	1541980	2150	4500	2050	3000	1850	2800
4095	19,56	1	9,7	11	1200	1032000	2005	1724300	2200	4600	2100	3000	1900	2800
6060	23,65	1	7,9	11	1300	1118000	2103	1808580	2600	5900	2450	3500	2200	3200
6090	23,65	1	9,6	11	1475	1268500	2480	2132800	2750	6200	2600	3900	2350	3700
6093	27,03	1	13,3	15	1670	1436200	2794	2402840	2800	6200	2650	3900	2400	3700
6095	30,35	1	18,1	18,5	1855	1595300	3100	2666000	2850	6300	2700	4000	2450	3800
8065	36,84	2	6,9	7,5	1994	1714840	3215	2764900	3700	7800	3400	4800	3100	4400
8090	34,54	2	7,1	7,5	2140	1840400	3587	3084820	3900	8600	3600	5400	3300	5000
8095	39,12	2	9,7	11	2400	2064000	4011	3449460	4000	8600	3700	5500	3400	5200
12060	47,31	2	7,9	11	2598	2234280	4206	3617160	4500	10700	4150	6100	3950	5900
12090	47,31	2	9,6	11	2950	2537000	4597	4263020	4800	11600	4450	7100	4250	6800
12093	54,06	2	13,3	15	3336	2868960	5590	4807400	4900	11600	4550	7200	4350	6900
12095	60,72	2	18,1	18,5	3713	3193180	6202	5333720	5000	11800	4650	7300	4450	7000
18060	70,95	3	7,9	11	3896	3350560	6309	5425740	6300	15500	5850	8800	4650	8500

Ilustración 142: Tipos de torres de enfriamiento y dimensiones



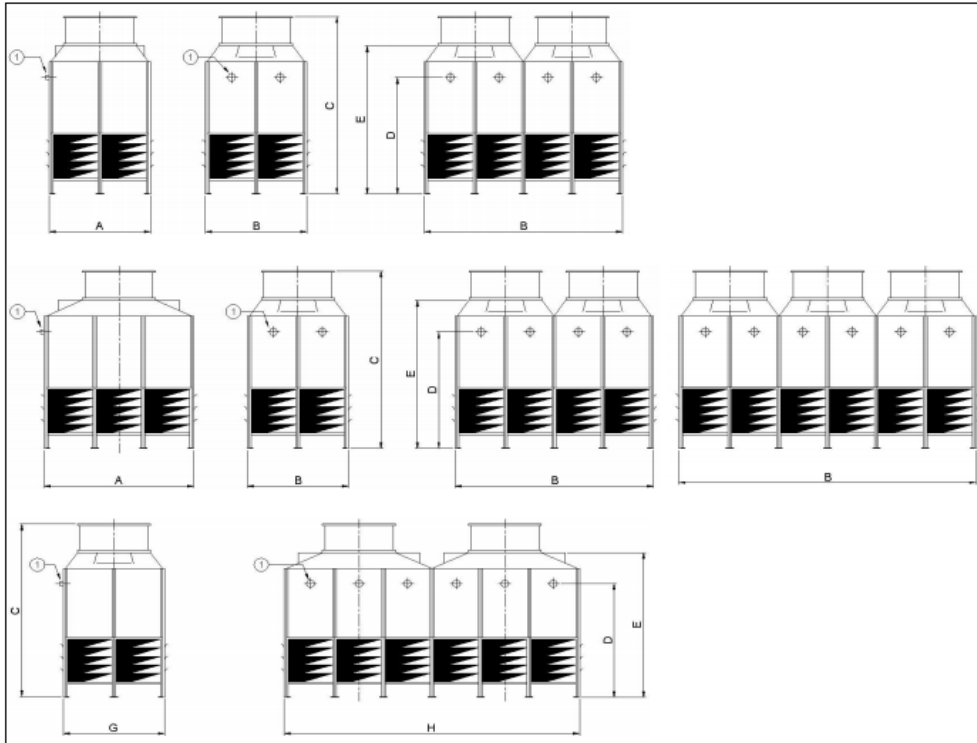


Ilustración 143: Dimensiones de la torre de enfriamiento

MODELO CMK MODEL	A	B	C	D	E	G	H	1 NR.
4060 - 4095	2382	2382	4370	3125	3620	-	-	2
6060 - 6095	3523	2382	4470	3125	3620	-	-	2
8065 - 8095	2382	4664	4370	3125	3620	-	-	4
12060 - 12095	3523	4664	4470	3125	3620	-	-	4
12060 - 12095*	-	-	4470	3125	3620	2382	6946	6
18060 - 18095	3523	6946	4470	3125	3620	-	-	6
18060 - 18095*	-	-	4470	3125	3620	2382	10420	9
24090 - 24095	3523	9228	4470	3125	3620	-	-	8
24090 - 24095*	-	-	4470	3125	3620	2382	13842	12
30093 - 30095	3523	11560	4470	3125	3620	-	-	10
30093 - 30095*	-	-	4470	3125	3620	2382	17265	15

Ilustración 144: Modelos de torres de enfriamiento

#### 9.1.4 Energía Eléctrica

La Central Ensenada de Barragán, ubicada en el polo petroquímico de la localidad de Ensenada en la Provincia de Buenos Aires, sobre la Ruta Provincial N° 11 y el canal del Gato, aproximadamente a 10 km de la ciudad de La Plata y a 50 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, dispone de una potencia instalada de 560 MW.

El transporte hasta la Subestación se realiza a través de un alimentador sobre estructura de H° A° con disposición coplanar preparado para doble terna. En la tabla siguiente se presenta un resumen de los diferentes motores utilizados y sus consumos.

<b>Bomba</b>	<b>kw/h</b>	<b>kw/día</b>	<b>kw/mes</b>
<b>P-01</b>	37,28	894,72	26841,6
<b>P-02</b>	115,47	2771,28	83138,4
<b>P-03</b>	2,23	53,52	1605,6
<b>P-04</b>	74,5	1788	53640
<b>P-05</b>	22,35	536,4	16092
<b>P-06</b>	111,75	2682	80460
<b>P-07</b>	14,9	357,6	10728
<b>P-08</b>	74,5	1788	53640
<b>P-09</b>	1,11	26,64	799,2
<b>P-10</b>	11,17	268,08	8042,4
<b>P-11</b>	1,11	26,64	799,2

<b>P-12</b>	33,52	804,48	24134,4
<b>P-13</b>	9,31	223,44	6703,2
<b>P-14</b>	85,67	2056,08	61682,4
<b>P-15</b>	149	3576	107280
<b>P-16</b>	149	3576	107280
<b>P-17</b>	111,75	2682	80460
<b>P-18</b>	52,15	1251,6	37548
<b>P-19</b>	74,5	1788	53640
<b>P-20</b>	2,23	53,52	1605,6
<b>P-21</b>	37,25	894	26820
<b>P-22</b>	2,35	56,4	1692
<b>P-23</b>	1,49	35,76	1072,8
<b>P-24</b>	59,6	1430,4	42912
<b>P-25</b>	2,98	71,52	2145,6
<b>P-26</b>	0,745	17,88	536,4
<b>P-27</b>	2,607	62,568	1877,04
<b>P-28</b>	1,49	35,76	1072,8
<b>P-29</b>	9,31	223,44	6703,2

<b>P-30</b>	74,5	1788	53640
<b>P-31</b>	11,54	276,96	8308,8
<b>P-32</b>	44,7	1072,8	32184
<b>P-33</b>	2,23	53,52	1605,6
<b>P-34</b>	40,97	983,28	29498,4
<b>P-35</b>	29,8	715,2	21456
<b>P-36</b>	1,11	26,64	799,2
<b>P-37</b>	52,15	1251,6	37548
<b>P-38</b>	89,4	2145,6	64368
<b>P-39</b>	104,3	2503,2	75096
<b>P-40</b>	93,12	2234,88	67046,4
<b>P-41</b>	104,3	2503,2	75096
<b>P-42</b>	81,95	1966,8	59004
<b>P-43</b>	67,05	1609,2	48276
<b>P-44</b>	44,7	1072,8	32184
<b>P-45</b>	55,87	1340,88	40226,4
<b>P-46</b>	14,9	357,6	10728

Motores de equipos	kw/h	kw/día	kw/mes
<b>R-101</b>	74,57	1789,68	53690,4
<b>T-107</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>CR-101</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>CR-102</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>CR-103</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>D-101</b>	0,56	13,44	403,2
<b>S-101</b>	132	3168	95040
<b>T-201</b>	29,8	715,2	21456
<b>CR-201</b>	44,7	1072,8	32184
<b>CR-202</b>	44,7	1072,8	32184
<b>S-201</b>	132	3168	95040
<b>D-201</b>	0,56	13,44	403,2
<b>F-301</b>	37,28	894,72	26841,6
<b>R-301</b>	11,18	268,32	8049,6
<b>S-301</b>	5,5	132	3960
<b>V-01</b>	16,77	402,48	12074,4

<b>V-02</b>	2524,45	60586,8	1817604
<b>V-03</b>	1128,44	27082,56	812476,8
<b>GA-01</b>	145	3480	104400
<b>GA-02</b>	145	3480	104400
<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>6725,9</b>	<b>161421,6</b>	<b>4842649,44</b>

Tabla 147: Energía Eléctrica consumida

## **Capítulo X**

### **10 CONTROL DE CALIDAD**

## 10.1 Introducción

El control de calidad es un proceso que consiste en la implementación programas, herramientas, mecanismos y técnicas, para la mejora de la calidad del producto y de la productividad. Asegura el cuidado y la mejora continua en la calidad ofrecida, en un mercado cada vez más competitivo, donde los clientes demandan un tipo específico de producto, que cumpla siempre con los regímenes establecidos.

Por lo tanto, toda industria debe plantear un modelo de gestión de calidad para asegurar la calidad del producto final y responder a los parámetros exigidos por las normativas vigentes.

En el presente capítulo se presenta la descripción del control de calidad que se realiza tanto a la materia prima como al producto final.

Aquí se desarrollan los controles que se llevan a cabo en las distintas etapas del proceso.

El proceso productivo de ácido tereftálico, requiere de procesos complejos que conllevan el tratamiento de productos peligrosos, combustibles, inflamables y/o corrosivos y de la disposición de elevadas temperaturas, de ahí la necesidad del uso de materiales de altas prestaciones de aceros al carbono, aceros de baja y alta aleación y otros materiales específicos que soporten los esfuerzos a los que son sometidos. Esto lleva a necesitar de un alto grado de especialización y conocimientos de los materiales y técnicas específicas, así como en los servicios de mantenimiento, que requieren del cumplimiento de numerosos procedimientos, especificaciones y estándares.

Es necesario apostar a productos, instalaciones y servicios de alta calidad, estableciendo una política de calidad e implementación de un sistema de gestión de calidad basado en la norma internacional ISO 9001.

Esta política de calidad, basada en la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de los requisitos, ya sean éstos explícitos o implícitos, y en la mejora de los resultados de la organización, requiere mantener equipos de especialistas bien preparados. Es primordial



contar con una alta cualificación para las diversas actividades que pueden surgir en este tipo de sector industrial (montadores, caldereros, soldadores, ajustadores, mecánicos, electricistas e instrumentistas).

## 10.2 Control de la Materia Prima

Se realiza un seguimiento de cada una de las materias primas, comprobando que los proveedores suministren los productos conforme a las especificaciones pre acordadas.

Las materias primas fundamentales para la producción de TPA purificado son: p-xileno, ácido acético al 90%, acetato de manganeso, acetato de cobalto, ácido bromhídrico, hidrógeno, catalizador de Pd y ácido acético glacial. Cabe destacar que estas deben estar certificadas por el proveedor, por lo tanto, el control se realiza solamente para corroborar el cumplimiento de los valores informados.

En las tablas siguientes se muestran las características y el plan de calidad de cada materia prima necesaria para el proceso productivo.

MATERIA PRIMA/CARACTERISTICAS	CONCENTRACIÓN	TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	APARENCIA
P-XILENO	99,9	20	860	líq. incoloro
AC. ACÉTICO	90	20	1052	líq. incoloro
AC. ACÉT. GLACIAL	99,9	20-25	1050	líq. incoloro
ACET. DE CO	98	15-25	1700	sólido púrpura
ACET. DE MG	98	20	1589	cristales rosas
HBR	48	20	1490	líq. amarillo pálido
H <sub>2</sub>	99,9	25	0,089	gas incoloro
CAT. Pd	10	15-25	400	polvo negro

Tabla 148: Características de las materias primas

<b>Punto Crítico</b>	<b>Punto de Control</b>	<b>Variab le</b>	<b>Rang o</b>	<b>Técnic a</b>	<b>Frecue ncia</b>	<b>Registro</b>	<b>Responsabl e</b>	<b>Acción preventiva /correctiva</b>
<b>P-XILENO</b>	Previo a descarga	Densidad	860	T-002 MP	Cada 6 días	R-001-MP-PX	Analista de Laboratorio	Rechazo de lote
		Pureza	99-99,9	T-001 MP		R-001-MP-PX		Analista de Laboratorio
<b>AC. ACÉTICO</b>	Previo a descarga	Pureza	89,9-90	T-001 MP	Cada 4 días	R-002-MP-AA	Analista de Laboratorio	Rechazo de lote
<b>AC. ACÉT. GLACIAL</b>	Previo a descarga	Densidad	1050	T-002 MP	Cada 4 días	R-003-MP-AAG	Analista de Laboratorio	Rechazo de lote
		Pureza	99-99,9	T-001 MP		R-003-MP-AAG		Analista de Laboratorio
<b>ACET. DE CO</b>	Recepción	Humedad	0,05-1,5%	T-003 MP	Cada 2 días	R-004-MP-AC	Analista de Laboratorio	Informar a Producción
		Pureza	98-98,9	T-001 MP		R-004-MP-AC		Analista de Laboratorio
<b>ACET. DE MG</b>	Recepción	Humedad	0,05-1,5%	T-003 MP	Cada 2 días	R-005-MP-AM	Analista de Laboratorio	Informar a Producción
		Pureza	98-98,9	T-001 MP		R-005-MP-AM		Analista de Laboratorio
<b>HBR</b>	Recepción	Pureza	48-48,9	T-001 MP	Cada 4 días	R-006-MP-HB	Analista de Laboratorio	Rechazo de lote
		Densidad	1490	T-002 MP		R-006-MP-HB		Analista de Laboratorio

<b>H2</b>	Previo a descarga	Pureza	99,95 - 99,99	T-005 MP	A diario	R-007-MP-H	Analista de Laboratorio	Alarma Preventiva
<b>CAT. Pd</b>	Recepción	Humedad	0,05-1,5%	T-003 MP	Por Semana	R-008-MP-C	Analista de Laboratorio	Rechazo de lote
		Contenido de Pd	9,99-10	T-004 MP		R-008-MP-C	Analista de Laboratorio	Rechazo de lote

*Tabla 149: Plan de control para las materias primas*

### 10.3 Control de calidad del proceso productivo

Es necesaria la implementación de un plan de control de calidad en todo el proceso productivo, ya que existen variables que son muy influyentes en el desarrollo de todas las operaciones. De esta forma se verifica que el producto final se estandarice, al igual que la productividad del proceso.

A continuación, se establecerán los puntos de control dentro del proceso y las especificaciones que se deben cumplir, la mayoría de los controles se realizan por control automático y visualización SCADA, eliminando en gran medida errores operativos.

Si se encuentra algún desvío de la calidad durante el proceso, este debe corregirse inmediatamente, dando aviso al jefe superior inmediato, evitando así pérdidas económicas y reprocesos.

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
<i>R-101</i>	MP	Caudal	67435±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	17±1	Cada hora	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	150±5	Cada hora	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
	Interior del Reactor	Temperatura	200±5	Cada hora	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	19±1	Cada hora	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
	E	Caudal	80849±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva	
	Aire	Presión	19±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	107448±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-R101	Ajuste de variable en el equipo
R-201	Interior del Reactor	Temperatura	250±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	40±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo
	K	Caudal	169002±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	250±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva	
	H2	Presión	40±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	3,26±1	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo
	P	Caudal	169005±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-R201	Ajuste de variable en el equipo
R-301	Interior del Reactor	Temperatura	200±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	9±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo
	Ox	Caudal	300±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
	WD	Caudal	462±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo
	AAG	Caudal	3000±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo
	REC	Temperatura	200±5	Cada 1 hora	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	3761±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-R301	Ajuste de variable en el equipo
CR-101	F2	Caudal	80844±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-CR101	Ajuste de variable en el equipo
	Interior del Cristalizador	Temperatura	160±5	Cada 1 hora	Operador de cabina	R-001-CR101	Ajuste de variable en el equipo



Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
		Presión	9±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001- CR101	Ajuste de variable en el equipo
CR-102	F1	Caudal	80844±10	Cada min	30 Operador de cabina	R-001- CR102	Ajuste de variable en el equipo
	Interior del Cristalizador	Temperatura	120±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001- CR102	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	5±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001- CR102	Ajuste de variable en el equipo
CR-103	F	Caudal	80844±10	Cada min	30 Operador de cabina	R-001- CR103	Ajuste de variable en el equipo
	Interior del Cristalizador	Temperatura	80±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001- CR103	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
		Presión	1±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-CR103	Ajuste de variable en el equipo
CR-201	ATP1	Caudal	168750±10	Cada 30 min	1 Operador de cabina	R-001-CR201	Ajuste de variable en el equipo
	Interior del Cristalizador	Temperatura	160±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-CR201	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	9±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-CR201	Ajuste de variable en el equipo
CR-202	ATP	Caudal	168750±10	Cada 30 min	1 Operador de cabina	R-001-CR202	Ajuste de variable en el equipo
	Interior del Cristalizador	Temperatura	80±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-CR202	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
		Presión	1±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-CR202	Ajuste de variable en el equipo
E-101	e1	Presión	2±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E101	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	10±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E101	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	200000±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-E101	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	45±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E101	Ajuste de variable en el equipo
E-102	e3	Presión	1±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E102	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva	
		Temperatura	20±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E102	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	200±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E102	Ajuste de variable en el equipo
	e4	Temperatura	43±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E102	Ajuste de variable en el equipo
E-103	e5	Presión	1±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E103	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	20±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E103	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	200±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E103	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
	e6	Temperatura	43±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E103	Ajuste de variable en el equipo
E-104	e7	Presión	1±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E104	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	20±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E104	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	200±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-E104	Ajuste de variable en el equipo
	e8	Temperatura	43±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E104	Ajuste de variable en el equipo
E-301	e9	Presión	2±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E301	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva	
		Temperatura	10±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E301	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	430000±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E301	Ajuste de variable en el equipo
	e10	Temperatura	43±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E301	Ajuste de variable en el equipo
E-302	e11	Presión	2±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E302	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	10±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E302	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	269000±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E302	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
	e12	Temperatura	43±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E302	Ajuste de variable en el equipo
E-303	e13	Presión	2±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E303	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	43±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E303	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	74310±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-E303	Ajuste de variable en el equipo
	e14	Temperatura	10±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E303	Ajuste de variable en el equipo
E-304	e15	Presión	1±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E304	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva	
		Temperatura	43±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E304	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	70000±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E304	Ajuste de variable en el equipo
	e16	Temperatura	10±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E304	Ajuste de variable en el equipo
E-305	e17	Presión	1±1	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E305	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	10±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E305	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	10000±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E305	Ajuste de variable en el equipo



Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
	e18	Temperatura	43±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E305	Ajuste de variable en el equipo
E-306	e19	Presión	2±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E306	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	20±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E306	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	15000±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-E306	Ajuste de variable en el equipo
	e20	Temperatura	42±5	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E306	Ajuste de variable en el equipo
E-307	e19	Presión	2±1	Cada hora	1 Operador de cabina	R-001-E307	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva	
		Temperatura	350±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E307	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	50000±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-E307	Ajuste de variable en el equipo
	e20	Temperatura	198±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-E307	Ajuste de variable en el equipo
CO-301	e21	Presión	1±0,5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-CO301	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	25±5	Cada hora	1	Operador de cabina	R-001-CO301	Ajuste de variable en el equipo
		Caudal	766750±10	Cada min	30	Operador de cabina	R-001-CO301	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
	e22	Temperatura	28±5	Cada 1 hora	Operador de cabina	R-001-CO301	Ajuste de variable en el equipo
D-101	CT	Humedad	0,01±0,005	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-D101	Aviso al Supervisor y ajuste de variable
D-201	ATPF	Humedad	0,01±0,005	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-D201	Aviso al Supervisor y ajuste de variable
S-101	WO	Caudal	54860±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-S101	Ajuste de variable en el equipo
S-201	LM	Caudal	143026±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-S201	Ajuste de variable en el equipo
S-301	CR	Caudal	3700±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-S301	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
<i>C-301</i>	<b>d1</b>	<b>Caudal</b>	<b>5771±10</b>	<b>Cada 30 min</b>	<b>Operador de cabina</b>	<b>R-001-C301</b>	<b>Ajuste de variable en el equipo</b>
		<b>Presión</b>	<b>1±0,5</b>	<b>Cada 1 hora</b>	<b>Operador de cabina</b>	<b>R-001-C301</b>	<b>Ajuste de variable en el equipo</b>
		<b>Temperatura</b>	<b>86,7±5</b>	<b>Cada 1 hora</b>	<b>Operador de cabina</b>	<b>R-001-C301</b>	<b>Ajuste de variable en el equipo</b>
	<b>R1</b>	<b>Caudal</b>	<b>49088±10</b>	<b>Cada 30 min</b>	<b>Operador de cabina</b>	<b>R-001-C301</b>	<b>Ajuste de variable en el equipo</b>
		<b>Presión</b>	<b>1±0,5</b>	<b>Cada 1 hora</b>	<b>Operador de cabina</b>	<b>R-001-C301</b>	<b>Ajuste de variable en el equipo</b>
		<b>Temperatura</b>	<b>132±5</b>	<b>Cada 1 hora</b>	<b>Operador de cabina</b>	<b>R-001-C301</b>	<b>Ajuste de variable en el equipo</b>

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
C-302	d2	Caudal	46891±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-C302	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	1±0,5	Cada hora	Operador de cabina	R-001-C302	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	130±5	Cada hora	Operador de cabina	R-001-C302	Ajuste de variable en el equipo
	R2	Caudal	2197±10	Cada 30 min	Operador de cabina	R-001-C302	Ajuste de variable en el equipo
		Presión	1±0,5	Cada hora	Operador de cabina	R-001-C302	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	162,27±5	Cada hora	Operador de cabina	R-001-C302	Ajuste de variable en el equipo

Equipo	Corriente	Variable	Rango normal	Frecuencia	Responsable	Registro	Acción correctiva
F-301	Interior del equipo	Presión	1±0,5	Cada 1 hora	Operador de cabina	R-001-F301	Ajuste de variable en el equipo
		Temperatura	750±5	Cada 1 hora	Operador de cabina	R-001-F301	Ajuste de variable en el equipo

Tabla 150: Plan de control para el proceso

Además, del sistema de control detallado se realizan otros controles para el buen funcionamiento de la planta, los cuales son:

- Tanques (T-101,102,103,104,105,106,107,108,201, SV-201, SL301)

Para los tanques de almacenamiento y demás recipientes, se dispone de un lazo de control que permite el ingreso de gas inerte ( $N_2$ ), cuando se detecta que la presión en el equipo disminuye a través de los correspondientes sensores, como consecuencia del desalojo de líquido, el controlador que registra esta variación genera la señal necesaria para permitir el incremento de la presión por las válvulas y en contraparte estos también permiten la salida de gases que aumenten la presión en el equipo.

Para el caso de los demás equipos en donde se controle la presión, el procedimiento es el mismo; con la diferencia de que la válvula dispuesta para regular la presión está sobre la corriente de tope del equipo o del separador asociado al equipo (según sea el caso).

En los tanques de almacenamiento, se cuentan con alarmas de muy alto nivel y muy bajo nivel de líquido, las cuales están asociadas a una lógica de control que genera una acción, desactivando o activando las bombas que se encuentran a la salida de dichos tanques. Además, se presentan las válvulas de seguridad de presión utilizadas en los tanques; esta válvula se coloca en caso que el control de presión en el tanque no pueda solventar la sobrepresión en el tanque y evitar una situación de emergencia. En caso de llegar a un valor determinado de sobrepresión se abre para aliviar la alta presión en el equipo y se cierra al haberse solventado el problema.

- Compresores (K-01,02,03)

Con respecto al control de presión en los compresores se implementará sistema de control que permita proteger a los compresores cuya salida se controla normalmente por señal obtenida por un transmisor de presión a la salida del sistema, para asegurar una condición en que la presión no exceda un límite prefijado asociado a la relación entre la entrada y la salida.

#### 10.4 Control de calidad del producto final

En la producción de ácido tereftálico purificado es necesario lograr un conjunto de especificaciones estrictas para obtener un producto de elevada calidad.

El ácido, si no cumple con estas especificaciones, no sirve para la producción de fibra o PET, que es para lo que se está produciendo. Las características que debe cumplir el producto son las siguientes:

<b>ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL TPA PURO PARA FIBRA</b>				
<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Registro</b>	<b>Técnica</b>
<b>Color APHA en MFD</b>	10 máx.	Cada 1 hora	R-001-PF-AT	T-006-PF
<b>Ácido p-toluoico (ppm)</b>	150	Cada 1 hora	R-001-PF-AT	T-007-PF
<b>4-CBA (ppm)</b>	25 máx.	Cada 1 hora	R-001-PF-AT	T-007-PF
<b>Agua (ppm)</b>	0,5	Cada 1 hora	R-001-PF-AT	T-003-PF

Tabla 151: Especificaciones de Calidad del Producto

En el marco industrial mundial, se usan cuatro normas de ASTM International para determinar la presencia de las impurezas 4-carboxibenzaldehído y ácido p-toluoico en el PTA, las cuales generan un color y comportamiento indeseado en el mismo.

Las cuatro normas recientemente aprobadas son:

- Norma D7881, Método de prueba para determinar la presencia de 4-carboxibenzaldehído y ácido p-toluoico en el ácido tereftálico purificado por electroforesis capilar de alto rendimiento en modo de tensión inversa.



- Norma D7882, Método de prueba para determinar la presencia de 4-carboxibenzaldehído y ácido p-toluico en el ácido tereftálico purificado por electroforesis capilar de alto rendimiento en modo de tensión normal.
- Norma D7883, Método de prueba para determinar la presencia de 4-carboxibenzaldehído y ácido p-toluico en el ácido tereftálico purificado por cromatografía de intercambio aniónico débil y cromatografía líquida de alto rendimiento; y
- Norma D7884, Método de prueba para determinar la presencia de 4-carboxibenzaldehído y ácido p-toluico en el ácido tereftálico purificado por cromatografía de fase inversa y cromatografía líquida de alto rendimiento.

### 10.5 Registros

A continuación, se detallan los registros que se llevan a cabo para materias primas, control de procesos y productos finales.

#### Registros para materias primas

Código: <b>R-001-MP-PX</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia Prima:</b>	P-XILENO			
<b>Proveedor:</b>				
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Pureza	0,99 ± 0,1 % p/p			
Densidad	860 kg/m <sup>3</sup>			

Tabla 152: Registro PX

Código: <b>R-002-MP-AA</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	ÁCIDO ACÉTICO			
<b>Proveedor:</b>	BRENNTAG			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Pureza	0,90 ± 0,5 %p/p			

Tabla 153: Registro Ácido Acético

Código: <b>R-003-MP-AAG</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL			
<b>Proveedor:</b>	BRENNTAG			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Densidad	1050			
Pureza	0,99 ± 0,5 %p/p			

Tabla 154: Registro Ácido Acético Glacial

Código: <b>R-004-MP-AC</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	ACETATO DE COBALTO			
<b>Proveedor:</b>	CENTRAL QUÍMICA			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Humedad	0,05			
Pureza	0,98 ± 0,5 %p/p			

*Tabla 155: Registro Acetato de Cobalto*

Código: <b>R-005-MP-AM</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	ACETATO DE MANGANESO			
<b>Proveedor:</b>	CENTRAL QUÍMICA			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Humedad	0,05			
Pureza	0,98 ± 0,5 %p/p			

*Tabla 156: Registro de Acetato de Manganeso*

Código: <b>R-006-MP-HB</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	ÁCIDO BROMHÍDRICO			
<b>Proveedor:</b>	CENTRAL QUÍMICA			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Densidad	1490			
Pureza	0,49 ± 0,5 %p/p			

*Tabla 157: Registro de Ácido Bromhídrico*

Código: <b>R-007-MP-H</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	HIDRÓGENO			
<b>Proveedor:</b>	Y.P. F			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Pureza	0,99 ±0,05 %p/p			

*Tabla 158: Registro de Hidrógeno*

Código: <b>R-008-MP-C</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Materia prima:</b>	CATALIZADOR DE PALADIO			
<b>Proveedor:</b>	MERCK			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
Humedad	0,05			
Contenido de Pd	0,10 ± 0,5 %p/p			

Tabla 159: Registro Catalizador de Paladio

Registros productos finales

Código: <b>R-001-PF-AT</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Producto:</b>	ÁCIDO TEREFTÁLICO			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
<b>Color APHA en MFD</b>	10 máx.			
<b>Ácido p-toluoico (ppm)</b>	150			
<b>4-CBA (ppm)</b>	25 máx.			

<b>Agua (ppm)</b>	0,5			
-------------------	-----	--	--	--

Tabla 160: Registro Ácido Tereftálico

Registros control de procesos

Se desarrolla un ejemplo, por cada equipo hay un registro. El final del código nos indica el equipo. En el ejemplo R-101 es el equipo.

<b>Código: R-001-R-101</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Equipo:</b>	R-101			
<b>Corriente:</b>	MP			
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote</b>	<b>Responsable</b>
<b>Caudal</b>	67435±10			
<b>Presión</b>	17±1			
<b>Temperatura</b>	150±5			

Tabla 161: Ejemplo planilla de Registro de Equipos

## 10.6 Técnicas

### **T-001-MP: “Determinación de composición y/o grado de pureza de un compuesto” mediante cromatografía gaseosa.**

La cromatografía de gases es una técnica analítica que permite separar, identificar y determinar la concentración de cada uno de los componentes de una muestra. Durante el proceso de medida un pequeño volumen de muestra se inyecta en un flujo de gas portador que lo introduce y empuja a través de una columna.

La muestra se volatiliza en el inyector y luego se introduce en la columna capilar dentro del horno. La columna contiene recubrimientos en la pared que cumple la función de la fase estacionaria. La muestra volatilizada es arrastrada por un gas llamado “carrier” (fase gaseosa) que generalmente es He o N<sub>2</sub>. La separación se logra debido a la interacción diferenciada de los componentes de la muestra con las fases presentes: la fase estacionaria y la fase gaseosa. Los compuestos que presentan mayor interacción con la fase estacionaria, recorrerán más lentamente la columna saliendo de ella a mayor tiempo de elución. Por el contrario, los componentes con menor afinidad por la columna, como también el gas carrier, saldrán primero de la columna y tendrán, por lo tanto, los menores tiempos de retención (intervalo de tiempo en que el analito se encuentra en la columna).



*Ilustración 145: Cromatógrafo Gaseoso*

Las muestras deben estar adecuadamente etiquetadas, envasadas y acondicionadas para asegurar su identificación, integridad y conservación.

Las muestras se proporcionarán debidamente precintadas y rotuladas y en muestras gaseosas, adecuadamente envasadas en bolsas TELKDAR.

La cantidad mínima para realizar el ensayo será de 100  $\mu$ l. en muestras líquidas y de al menos 100 ml. en muestras gaseosas.

#### **T-002-MP: “Determinación de la densidad”:**

Una variación en la materia prima, indicada por un cambio en la densidad, podría tener un resultado perjudicial para el funcionamiento o la calidad del producto final. La medición de la densidad de materias primas puede usarse para confirmar la pureza del material. Si se ha adulterado una sustancia con una alternativa más barata, la densidad medida del material compuesto será diferente de la de la sustancia pura.

El método más ampliamente usado es el de la técnica de empuje que usa el principio de Arquímedes, el cual afirma que: un cuerpo sumergido en un fluido manifiesta una pérdida de peso aparente igual al peso del fluido que desplaza. Este antiguo principio, que data del año 200 a. C. aproximadamente, es el que, precisamente, se usa hoy en día para determinar la densidad de forma gravimétrica. Por tanto, una medición exacta de la densidad depende en gran medida de la exactitud de los valores de peso.

#### Para líquidos:

El densímetro se introduce verticalmente y con cuidado en el líquido, y se deja en reposo hasta que flote libre y verticalmente. A continuación, se observa en la escala graduada en el vástago del densímetro su nivel de hundimiento en el líquido; esa es la lectura de la medida de la densidad relativa del líquido.



Para sólidos:

La determinación de la densidad de sólidos por el principio de Arquímedes consiste en determinar el empuje (E), el cual se halla realizando la diferencia entre el peso del sólido en el aire y el peso aparente del sólido sumergido en el líquido. El volumen del líquido desalojado corresponde al volumen del sólido sumergido.

$$E = W_{des} = W_s - W_a = VdL$$

Siendo:

- $W_{des}$ : peso de líquido desalojado.
- $V$ : volumen del sólido
- $dL$ : densidad del líquido

El sólido se sumerge con cuidado y completamente en una probeta que contiene un volumen exacto de agua ( $V_0$ ). Luego se lee cuidadosamente el volumen final ( $V_f$ ). Y el volumen del sólido corresponde a la diferencia dada.

**T-003-MP, T-003-PF: “Medición de Humedad por Termobalanza”**

Es posible determinar el contenido de humedad en muestras en 15- 30 min, mediante el calentamiento en una termobalanza, en donde se coloca la muestra en un platillo de aluminio. La balanza registra automáticamente la pérdida de peso y el contenido de humedad presente en la muestra.

Procedimiento:

- Ajustar la temperatura de secado.
- Ajustar el tiempo de secado.
- Tarar la balanza con el platillo vacío.

-Colocar la muestra de forma homogénea.

-Iniciar el secado.

-Leer el porcentaje de humedad.

#### **T-004-MP: “Determinación de cantidad de paladio por Fluorescencia de Rayos X”**

La técnica de análisis por fluorescencia de rayos X convencional (XRF) resulta adecuada para el análisis de muestras sólidas en diversos campos (como la geología, el control ambiental) ya que es una técnica no destructiva y la preparación de las muestras es sencilla sin tener que dedicarle demasiado tiempo. Se utiliza para la medición un espectrómetro de fluorescencia de rayos X portátil.

#### **T-005-MP: “Determinación de pureza de H<sub>2</sub> por Cromatografía GC/TCD”**

El detector de conductividad térmica o GC-TCD es una técnica utilizada para analizar gases inorgánicos (argón, nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono, etc.) y pequeñas moléculas de hidrocarburos. El TCD compara la conductividad térmica de dos flujos de gases: el gas portador puro (de referencia) y la muestra. Los cambios en la temperatura de los hilos del detector, calentados eléctricamente, son afectados por la conductividad térmica del gas que fluye a su alrededor. Los cambios en esta conductividad térmica se detectan como un cambio en la resistencia eléctrica y se miden. El sensor se encuentra calibrado para determinar la pureza del hidrógeno en la cañería de ingreso a la fábrica, si encuentra valores fuera de rango, se enciende una alarma.

#### **T-006-PF: “Espectrofotometría”**

La medición del color se basa originalmente en la comparación con los estándares de color existentes, como ejemplos reales, tablas, etc. El ojo humano es un indicador muy individual de color, por ejemplo, para determinar si algo es verde o sigue siendo amarillento. Una distinción reproducible de colores es imposible si no se mide bajo condiciones definidas. El

rango de longitud de onda visible es de alrededor de 380 a 740 nm, mientras que los rayos UV y NIR no pueden ser vistos por los ojos humanos.

Para evaluar los niveles de contaminación en las aguas residuales y para el control del agua potable, se utiliza una escala de color específica, llamada escala Pt/Co, escala APHA-Hazen o escala APHA. Generalmente se describe en ASTM D 1209 para la comparación de la intensidad del color de la muestra amarilla. El rango de la escala de color de APHA es de 0 a 500 en ppm (partes por millón) de cobalto de platino a agua destilada, que es el punto cero (también llamado agua blanca). La prueba de color APHA se realiza en la industria química, farmacéutica, petrolera y de plásticos, así como en la producción de bebidas.

#### **T-007-PF: Electroforesis capilar normal**

La electroforesis capilar separa moléculas debido a su movilidad electroforética y la movilidad electroforética de una molécula depende de su carga y cuánto es atraído o repelido por el voltaje como la fuerza de arrastre friccional que resiste el movimiento.

Fricción es proporcional al radio de la molécula y así, la movilidad electroforética se basa en el tamaño y la carga. La velocidad de que una molécula cargada viaja por un tubo capilar es el producto de su movilidad electroforética y el campo eléctrico aplicado. Voltajes más altos, por tanto, conducen a velocidades más rápidas y separaciones más rápidas.



*Ilustración 146: Equipo de electroforesis*

## **Capítulo XI**

### **11 TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

## 11.1 Introducción

En la actualidad existe una creciente preocupación con respecto a los efectos contaminantes de las industrias y el impacto que éstas puedan tener sobre el medio ambiente.

A nivel global se ha experimentado un gran crecimiento industrial en las últimas décadas. Este desarrollo ha supuesto un aporte para la sociedad, pero a su vez ha llevado asociadas diversas connotaciones negativas como la alteración del medio ambiente.

La explotación de los recursos naturales, la generación de residuos y la mala gestión de éstos son factores que han tenido consecuencias sobre la calidad ambiental y la salud de las personas.

El control ambiental industrial se realiza a través de las políticas de prevención de la contaminación con el uso de acuerdos voluntarios y de aplicación normativa, y del adecuado control e inspección de las instalaciones industriales. Es por ello que los gobiernos adoptan normativas y políticas para la minimización de los efectos nocivos y para garantizar el cumplimiento de estas normas sobre la calidad ambiental.

La legislación ambiental existente limita las emisiones de sustancias contaminantes al entorno. De esta manera, se debe realizar un seguimiento exhaustivo del proceso para no sobrepasar los límites legales existentes.

Ésta industria tendrá un efecto sobre el entorno, pero, como objetivo de la aplicación de la normativa ambiental, el impacto se verá minimizado.

Este capítulo se enfocará en la evaluación de los efluentes del proceso y en la aplicación de las tareas y tecnología necesaria para tratarlos y que generen el menor impacto ambiental posible.

## 11.2 Aspectos Legales

Las normativas y leyes que se refieren al control del medio ambiente son necesarias para mantener un entorno saludable y controladas a las industrias.

Existen, normas y leyes a nivel nacional, provincial y municipal.

### 11.2.1 Legislación Nacional

#### *11.2.1.1 Constitución Nacional*

Artículos: 41, 43 y 124

La reforma de 1994 incluyó en la Constitución el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano siguiendo la práctica de otras constituciones extranjeras y provinciales, lo que convierte en enumerado a un derecho que antes era implícito (Arts. 41 C.N.).

Además, se les impone a esos habitantes el deber de preservarlo y esa obligación se convierte en una carga pública que habilita a todos los habitantes hacer efectiva la preservación con todos los medios jurídicos y materiales que sean necesarios. En consecuencia, todo habitante estará legitimado para accionar en defensa del ambiente propio y ajeno.

Incorpora también el principio del desarrollo sustentable, impone la obligación de recomponer el daño ambiental que va a requerir una cuidadosa reglamentación legal porque no está claro quién está obligado a recomponer y si esta obligación coexiste o sustituye a la obligación tradicional de reparar del Código Civil (Artículo 1.077).

No solamente atribuye derechos y deberes a los habitantes. Encomienda al Estado proveer a la protección del derecho al ambiente, lo que implica organizar la justicia ambiental con todo el aparato informativo que demanda e instruye procedimientos ágiles y seguros.

Pero, además, le encomienda abastecer prestaciones más complejas y costosas como son:

- La utilización racional de los recursos naturales.
- La preservación del patrimonio natural y cultural.
- La preservación de la diversidad biológica.
- La información ambiental, que lo obliga a divulgar la que tenga en la materia de un modo organizado y ser responsable por su fidelidad.
- La educación ambiental.

También faculta al Gobierno de la Nación fijar “los presupuestos mínimos de protección ambiental”, lo que implica sancionar normas básicas para todo el país y a las provincias las normas complementarias.

Lo que implica que estas pueden decidir imponer o no presupuestos más estrictos en su territorio respectivo.

El art. 43 legitima a los afectados, a las organizaciones no gubernamentales inscriptas y a los defensores del pueblo para accionar por vía de amparo en defensa del derecho constitucional al ambiente.

#### *11.2.1.2 Ley 25675: Ley General del Ambiente*

Esta ley, declara ser de presupuestos mínimos de protección ambiental y los establece para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. (Artículo 1°).

Es de orden público, por lo tanto, las convenciones particulares no pueden dejar sin efecto sus normas (Artículo 3° y Código Civil, Artículo 21). Sus disposiciones son subsidiarias de la legislación específica sobre la materia.

En el artículo 2° fija objetivos a la política ambiental nacional, lo que obliga al Poder Ejecutivo Nacional a seguirlos, ya que constituyen pautas para la ejecución de normas

legislativas que deberá acatar. El artículo 4° sienta principios básicos que rigen su interpretación y aplicación y la de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental.

La ley establece un sistema de coordinación interjurisdiccional para el ordenamiento ambiental a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA).

Respecto a la evaluación del impacto ambiental, los artículos 11, 12 y 13 imponen a toda obra o actividad susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población en forma significativa la carga de ejecutar una evaluación del impacto ambiental previa.

Su artículo 16 obliga a las personas físicas y jurídicas, públicas o privadas, a proporcionar la información relacionada con la calidad ambiental referida a las actividades que desarrollan y a las autoridades otorgar la información ambiental que administren.

La Ley 25.675 incluye normas procesales de aplicación local, las cuales solo excepcionalmente pueden ser sancionadas por el Congreso de la Nación en los casos en que sean inseparables de la norma de fondo que protege el ambiente o cuando sean necesarias para asegurar la vigencia de las instituciones que organiza (Constitución Nacional, artículos 41, 75 inc. 12 y 121).

#### *11.2.1.3 Ley 25.612: Gestión Integral de Residuos Industriales y Ley 24.051: Residuos peligroso*

La ley N° 25.612 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental normando los residuos industriales y asimilables de todo el país, no sólo los federales, como hace la Ley N° 24.051. Constituye un régimen único, que alcanza a todos los procesos de gestión integral de los residuos industriales y de actividades de servicios que se desarrollen en cualquier sitio de la Argentina



Contiene además normas de fondo sustantivas que modifican el régimen del Código Civil, en materia de responsabilidad civil.

La ley 25.612 regula de manera uniforme la gestión integral de residuos de origen industrial que incluye la operación de conservación, reparación o transformación de materia prima, para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales y de actividades de servicio, que se definen por su carácter de complemento de la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo.

#### *11.2.1.4 Ley 25.688. Régimen de Gestión Ambiental de Aguas*

Es una ley de presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional, utilización de las aguas, regula la cuenca hídrica superficial y los comités de cuencas hídricas.

#### *11.2.1.5 Ley N° 11.720: Ley de Generación, Manipulación, Almacenamiento, Transporte, Tratamiento y Disposición final de Residuos Especiales.*

La autoridad de aplicación es la secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires.

El art. 17 establece que todos los estudios para la determinación del Impacto ambiental y aquéllos relacionados a la preservación y monitoreo de los recursos naturales deberán ser efectuados y suscriptos en el punto que hace a su especialidad, por profesionales que deberán estar inscriptos en un Registro de Profesionales para el Estudio de Impacto Ambiental creado por la Ley 11.459.

El art. 38 establece entre los requisitos, para la inscripción de plantas en el Registro Provincial de Generadores y Operadores de Residuos Especiales, la inclusión en una declaración jurada de una Evaluación de Impacto Ambiental.

*11.2.1.6 Ley N° 5956: Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera*

Artículo 3°-Queda expresamente prohibido el desagüe de líquidos residuales a la calzada. Solamente se permitirá la evacuación de las aguas de lluvia por los respectivos conductos pluviales.

Artículo 6°-Ningún establecimiento industrial podrá ser habilitado o iniciar sus actividades, ni aún en forma provisoria, sin la previa obtención de la habilitación correspondiente y la aprobación de las instalaciones de provisión de agua y de los efluentes residuales industriales respectivos.

*11.2.1.7 Parámetros de calidad de las descargas, límites admisibles.*

GRUPO	PARAMETRO	UNIDAD	CODIGO TÉCNICA ANALÍTICA	LIMITES PARA DESCARGAR A:			
				Colectora Cloacal	Cond. Pluv. O cuerpo de agua superficial	Absorción por el suelo (h)	Mar Abierto
I	Temperatura	°C	2550 B	< 45	< 45	< 45	< 45
	pH	upH	4500 H+B	7,0-10	6,5-10	6,5-10	6,5-10
	Sólido Sedimentable 10 Min (2)	ml/l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sólido Sedimentable 2 Horas (2)	ml/l	Cono Imhoff	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
	Sulfuros	mg/l	4500 S=D	< 2,0	< 1,0	< 5	NE (C )
	S.S.E.E. (1)	mg/l	5520 B(1)	< 100	< 50	< 50	< 50
	Cianuro	mg/l	4500 CN C y E	< 0,1	< 0,1	Ausente	< 0,1
	Hidrocarburos Totales	mg/l	EPA 418,1 ó ASTM 3921-85	< 30	< 30	Ausente	< 30
	Cloro Libre	mg/l	4500 CI G (DPD)	NE	< 0,5	Ausente	< 30
	Coliformes Fecales (f)	NMP/100 ml	9223 A	< 20000	< 2000	< 2000	< 20000
II	D.B.O.	mg/l	5210 B	< 200	< 50	< 200	< 200

*Ilustración 147: Límites admisibles de descargas*

I	D.Q.O	mg/l	5220 D	< 700	< 250	< 500	< 500
	S.A.A.M.	mg/l	5540 C	< 10	< 2,0	< 0,1	< 2,0
	Sustancias fenólicas	mg/l	5530 C	< 2,0	< 0,5	< 0,1	< 2,0
	Sulfatos	mg/l	4500 SO <sub>4</sub> E	< 1000	NE	< 1000	NE
	Carbono orgánico total	mg/l	5310 B	NE	NE	NE	NE
	Hierro (soluble)	mg/l	3500 Fe D	< 10	< 2,0	< 0,1	< 10
	Manganeso (soluble)	mg/l	3500 Mn D	< 1,0	< 0,5	< 0,1	< 10
III	Cinc	mg/l	3111 B y C	< 5,0	< 2,0	< 1,0	< 5,0
	Níquel	mg/l	3111 B y C	< 3,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
	Cromo Total	mg/l	3111 B y C	< 2,0	< 2,0	Ausente	NE
	Cromo Hexavalente	mg/l	3500 Cr D	< 0,2	< 0,2	Ausente	NE
	Cadmio	mg/l	3111 B y C	< 0,5	< 0,1	Ausente	< 0,1
	Mercurio	mg/l	3500 Hg B	< 0,02	< 0,005	Ausente	< 0,005
	Cobre	mg/l	3500 Cu D ó 3111 B y C	< 2,0	< 1,0	Ausente	< 2,0
	Aluminio	mg/l	3500 Al D ó 3111 B y C	< 5,0	< 2,0	< 1,0	< 5,0
	Arsénico	mg/l	3500 As C	< 0,5	< 0,5	< 0,1	< 0,5
	Bario	mg/l	3111 B	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
	Boro	mg/l	4500 B B	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
	Cobalto	mg/l	3111 B y C	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0

Ilustración 148: Continuación de Límites admisibles de descarga

II	Selenio	mg/l	3114 C	< 0,1	< 0,1	Ausente	< 0,1
	Plomo	mg/l	3111 B y C	< 1,0	< 0,1	Ausente	< 0,1
	Plaguicidas Organoclorados (g)	mg/l	6630 B	< 0,5	< 0,05	Ausente	< 0,05
	Plaguicidas Organofosforados (g)	mg/l	6630 B	< 1,0	< 0,1	Ausente	< 0,1
IV	Nitrógeno total (d)	mg/l	4500 N org B (NTK)	< 105	< 35	< 105	< 105
	Nitrógeno Amoniacal (d)	mg/l	4500 NH <sub>3</sub> +F	< 75	< 25	< 75	< 75
	Nitrógeno Orgánico (d)	mg/l	4500 N org B	< 30	< 10	< 30	< 30
	Fósforo Total (d)	mg/l	4500 PC	< 10	< 1,0	< 10	< 10

Ilustración 149: Continuación de Límites admisibles de descarga

### 11.3 Efluentes generados por la planta

Durante la producción del Ácido Tereftálico se generan aguas residuales, las cuales son altamente tóxicas para los cuerpos de agua que las reciben, principalmente por la presencia residual del ácido, como así también por otros compuestos tóxicos.

En el proceso existen distintos tipos de agentes contaminantes, los mismos están compuestos tanto por emisiones gaseosas como por efluentes líquidos.

Parámetro	Vertido a Pluvial	Vertido a curso de agua
pH	5,5 – 10	5,5 - 10
Solidos Sedimentables 2 hs	4 ppm	4 ppm
DBO5	500 mg/L	500 mg/L
Temperatura	45 °C	45 °C

*Ilustración 150: Límites de vertidos en el área metropolitana bonaerense (Decreto 674/89 Área Metropolitana Bonaerense)*

#### 11.3.1 Emisiones gaseosas

Las emisiones gaseosas que se obtienen a lo largo de la producción suman un total de:

- COV`s (t/año) = 8114
- CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub> eq/año): 9800

Las emisiones gaseosas son generadas durante la oxidación en el reactor de oxidación R-101, durante los cristalizadores de la etapa de oxidación, en la destilación y recuperación de solvente y durante la etapa de purificación. En la tabla siguiente se observan las distintas fuentes de emisiones gaseosas y los factores del proceso.

Emission Source	Stream Designation (Figure 6.11-1)	Emissions (g/kg)	
		Nonmethane VOC <sup>b,c</sup>	CO <sup>c</sup>
Reactor vent	A	15	17
Crystallization, separation, drying vent	B	1.9	NA
Distillation and recovery vent	C	1.1	NA
Product transfer vent <sup>d</sup>	D	1.8	2

<sup>a</sup> Factors are expressed as g of pollutant/kg of product produced. NA = not applicable.

<sup>b</sup> Reference 1. VOC gas stream consists of methyl acetate, *p*-xylene, and acetic acid. No methane was found.

<sup>c</sup> Reference 1. Typically, thermal oxidation results in >99% reduction of VOC and CO. Carbon adsorption gives a 97% reduction of VOC only (Reference 1).

<sup>d</sup> Stream contains 0.7 g of TPA particulates/kg. VOC and CO emissions originated in reactor offgas (IG) used for transfer.

*Ilustración 151: Fuentes de Emisiones Gaseosas y factores del proceso*

Los Componentes Orgánicos Volátiles (COV) producidos tienen que ser tratados antes de ser liberados a la atmósfera para alcanzar los parámetros requeridos por las regulaciones medioambientales.

Estos efluentes gaseosos no requieren procedimiento particular de depuración, y por lo tanto mediante un lavado se eliminarían los compuestos orgánicos que pudieran aparecer y de esta forma pueden ser evacuados al ambiente.

Por otra parte, también se encuentran como efluentes gaseosos las corrientes de aire húmedo que egresan de los respectivos secadores rotatorios, y la corriente de aire de salida del aerofriador. Dichas corrientes no representan peligro para el medio ambiente y son liberadas al mismo tal y como están.

### *11.3.1.1 Lavado de gases*

Los sistemas de lavado de gases son aplicados en el lavado, absorción, separación y recuperación de gases, de procesos químicos, incineración de sólidos y líquidos, fundición y

reacciones que por su etiología requieren la neutralización de los efluentes que no pueden ser lanzados en la atmósfera.

Por esta razón los lavadores de gases son proyectados para atender las exigencias de las más severas normas nacionales de control ambiental, proporcionando siempre que sea posible la recuperación de productos que amorticen la inversión y disminuyan el costo operacional.

Las características intrínsecas de cada flujo gaseoso determinan el tiempo de permanencia de los gases en la zona de lavado de las torres, así como el tipo de relleno y solución lavadora/neutralizante. De esta forma cada caso es calculado en particular de forma de obtener equipos eficientes y de bajo costo, de acuerdo a las necesidades y considerando los padrones de emisión de las más severas reglamentaciones de control ambiental.

Existe una gran variedad de modelos de torres lavadoras (de relleno desordenado, de platos perforados, de Spray, bubble caps, de relleno ordenado, etc.), siendo las más utilizadas frecuentemente las de relleno.

#### *11.3.1.2 Selección del lavador de gases*

Teniendo en cuenta las distintas torres lavadoras de gases, se decide optar por una rellena ya que la misma es práctica y útil para los siguientes tipos de efluentes gaseosos:

- Alcoholes
- Compuestos orgánicos volátiles (COV's)-acetona
- Compuestos orgánicos volátiles (COV's)-xileno
- Nieblas ácidas
- Nieblas alcalinas
- Vapores de Resina fenólica

Los depuradores del tipo empaquetados (también llamados scrubbers) están diseñados para el lavado de contaminantes de las corrientes de gas. El empaque interno en la carcasa del depurador proporciona una gran superficie mojada para inducir el contacto íntimo entre el gas contaminado y el líquido de fregado. Diseñado para neutralizar contaminantes gaseosos, el lavador de lecho empacado, brinda un diseño compacto y una rápida amortización.

Los gases cargados de contaminantes entran en la sección inferior del lavador y suben hacia arriba, entrando primero en contacto con el líquido depurador y evacuándose después a través de la columna empacada. Dado que, cuando el gas sube la concentración de contaminantes se va reduciendo, hay constantemente un disolvente cada vez más fresco a disposición para el contacto, lo que resulta en una eliminación de contaminantes más eficiente. Por último, las gotas de humedad más finas, todavía suspendidas en la corriente de gas que se ha limpiado, se eliminan mediante un eliminador de neblina.

### 11.3.1.3 Diseño

Los datos de la corriente gaseosa son los siguientes:

$$Q=1937 \text{ kg/h}$$

$$D= 1,41 \text{ kg/m}^3$$

$$PM= 44,46 \text{ kg/kmol}$$

$$C_p= 0,011 \text{ kmol/kg. } ^\circ\text{C}$$

$$T: 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Humedad de los gases

$$x = \frac{120 \text{ kg}(agua)/h}{1817 \text{ kg}(gas seco)/h} = 0,066 \frac{\text{kg agua}}{\text{kg gas seco}}$$

Se supone que los gases salen saturados de vapor de la torre a 25 °C y se utiliza una relación líquido-gas de  $L/G= 8$  (L/Nm<sup>3</sup>) para garantizar una buena absorción.

*Caudal de salida del líquido de la torre*

$$L_e = 8 \frac{L}{N.m^3} \times 1373,7 \frac{Nm^3}{h} \times 1 \frac{kg}{l} = 10989,6 \frac{kg}{h}$$

$$L_s = L_e + G_b s \times (X_e - X_s)$$

$$L_s = 10989,6 \frac{kg}{h} + 1817 \frac{kg}{h} \times (0,066 - 0,02) = 11073 \frac{kg}{h}$$

*Parámetro de flujo*

$$\psi = \frac{L}{G} \times \sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_l}} = 0,21$$

Con este valor, se obtiene de la figura N° 4.28 (correlación generalizada para las velocidades de inundación en torres de relleno) del Mc Cabe, que:

$$0,7 = \frac{u_g^2 \times S b}{g \times e^3} \times \left(\frac{\rho_g}{\rho_l}\right) \times \left(\frac{\mu_l}{\mu_w}\right)^{0,2}$$

Para este diseño se adoptan anillos raschig de 12,7 mm tamaño, de esta forma se tienen los siguientes datos de la tabla 4.3 (Datos de diseño para diversos rellenos) del Mc Cabe:

Espesor: 0,794 mm

Número/m<sup>3</sup>: 402540

Densidad: 1201 kg/m<sup>3</sup>



$$S_b = 417 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Espacio libre: 85%

$$\text{Factor de Relleno } F = S_b/e_3 = 300$$

Combinando los datos de diseño con el valor obtenido de la figura se puede calcular el valor de  $u_g$ : velocidad del gas calculada sobre toda la sección transversal del lecho.

$$U_g: 0,29 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

Con este valor se calcula el diámetro de la torre

$$A_c = \frac{G_e}{U_g \times 3600} = 2 \text{ m}^2$$

$$A_c = \pi r^2$$

$$D_c = 1,6 \text{ m}$$

Teniendo estos datos de diseño, se adopta una columna lavadora de gases de la marca HE Filtration Engineering. Dicha marca tiene una columna de diámetro de 1,6 m y una altura de 5,5 m con una  $\Delta P$  máxima de 80 mm de  $\text{H}_2\text{O}$ .

Para corroborar que esta columna sea apta para las condiciones de operación de la planta, se calcula la pérdida de carga para dicha altura con los datos de los fluidos:

Se calcula la velocidad del líquido y del gas:

$$U_l: 0,0015 \text{ m/s}$$

$$U_g: 0,21 \text{ m/s}$$

Por el método de Carman:

$$Re_1 = \frac{U_g}{S_b x \mu} = 33,79$$

$$\frac{R_1}{\rho x u_1^2} = \frac{5}{Re_1} + \frac{1}{Re_1^{0,1}} = 0,84$$

$$-\Delta P = \frac{0,84 x 5,5 x 417 x 1,41 x 0,21^2}{0,85^3} = 195 \text{ N/m}^2$$

Sabiendo que  $u_1$  es igual a  $1,52 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ , en la figura 4.23 se obtiene un factor de corrección igual a 1,4 y por lo tanto el valor de la caída de presión es de:

$$195 x 1,4 = 273 \text{ N/m}^2$$

Lo que equivale a  $27,8 \text{ mmH}_2\text{O}$  y por lo tanto la columna adoptada es acertada.

La columna adoptada es del fabricante HE Filtration Engineering, y los datos son los siguientes:

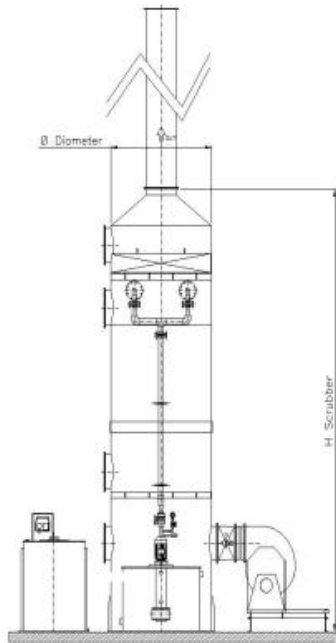


Ilustración 152: Representación de la Columna de gases

$\Delta P$	$\leq$	80	mm H <sub>2</sub> O		
	Flow Rate	$\phi$	H	Working rate	
Model	m <sup>3</sup> /h	mm	mm	mm	
SCS-400	500	400	3500	1,10	
SCS-500	1.000	500	3500	1,41	
SCS-700	2.000	700	4000	1,44	
SCS-900	3.000	900	4000	1,31	
SCS-1100	4.000	1100	4500	1,17	
SCS-1200	5.000	1200	4500	1,23	
SCS-1400	7.500	1400	4500	1,35	
SCS-1600	10.000	1600	5500	1,38	
SCS-1900	12.500	1900	5500	1,23	
SCS-2000	15.000	2000	5500	1,33	
SCS-2200	17.500	2200	5500	1,28	
SCS-2300	20.000	2300	6000	1,34	
SCS-2600	25.000	2600	6000	1,31	
SCS-2800	30.000	2800	6500	1,35	
SCS-2900	35.000	2900	6500	1,47	
SCS-3300	40.000	3300	7000	1,30	
SCS-3500	45.000	3500	7000	1,30	
SCS-3600	50.000	3600	7000	1,36	

Ilustración 153: Modelos de columna y dimensiones

El mismo contiene:

- Nebulizador
- Elemento de rellenos
- Ventilador
- Bomba de recirculación
- Tanque de remanso
- Indicador de nivel
- Tanque de aguas residuales
- Sistema de renovación de reactivos

### 11.3.2 Efluentes Líquidos

Los efluentes líquidos constituidos por el agua y pequeñas cantidades de ácido acético, para xileno y demás componentes, es el mayor problema a ser resuelto y el tratamiento adecuado para el mismo es la degradación biológica.

Por cada tonelada del ácido que se produce se generan entre 3- 10 m<sup>3</sup> de aguas residuales y las características que presentan estas aguas se presentan en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor
pH	3.5
Temperatura	40 – 50°C
DQO	5-20 kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
Contaminantes presentes en las descargas de aguas residuales	PTA, ácido benzoico, p-tolueno, p-xileno, acetato y metil acetato

*Ilustración 154: Características del Efluente líquido generado*

(R.Kleerebezem and Lettinga 1999)

Las aguas residuales procedentes del proceso y las aguas de lluvia caídas en las zonas ocupadas por las plantas de producción y almacenamiento de productos se someten a un tratamiento de depuración biológica (lagunas anaerobias, filtros anaeróbicos, etc.) cuyo objetivo es obtener un efluente que cumpla con los parámetros de calidad establecidos. Sin embargo, el proceso debe de ser optimizado en cuanto a tiempo de degradación y concentración de residuos.

Previamente al tratamiento biológico, los efluentes son acondicionados mediante tratamientos físico-químicos en la planta para extraer los compuestos que puedan ser reprocesados (recuperación de catalizador y disolvente, licor madre), con el objetivo de minimizar su carga contaminante y aumentar el rendimiento de la depuración.

Posteriormente a este tratamiento, todas las aguas residuales son enviadas a la zona de tratamiento de efluentes donde son depuradas mediante un proceso de depuración biológica mediante fangos activos antes de ser enviados al medio ambiente.

Se realizan de forma periódica los controles analíticos correspondientes para comprobar que la calidad del agua se encuentra dentro de los límites establecidos de calidad.

#### *11.3.2.1 Sistema API*

El sistema de piletas API es utilizado como tratamiento físico antes del tratamiento biológico.

Una pileta API es un dispositivo diseñado para separar grandes cantidades de aceite suspendido y sólidos suspendidos provenientes de aguas residuales efluentes de refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas, plantas de procesamiento del gas natural y otras industrias derivadas de las anteriores. El nombre deriva del hecho de que estos separadores fueron diseñados según los estándares publicados por la American Petroleum Institute.

En la figura siguiente se muestran los componentes básicos de una pileta API.

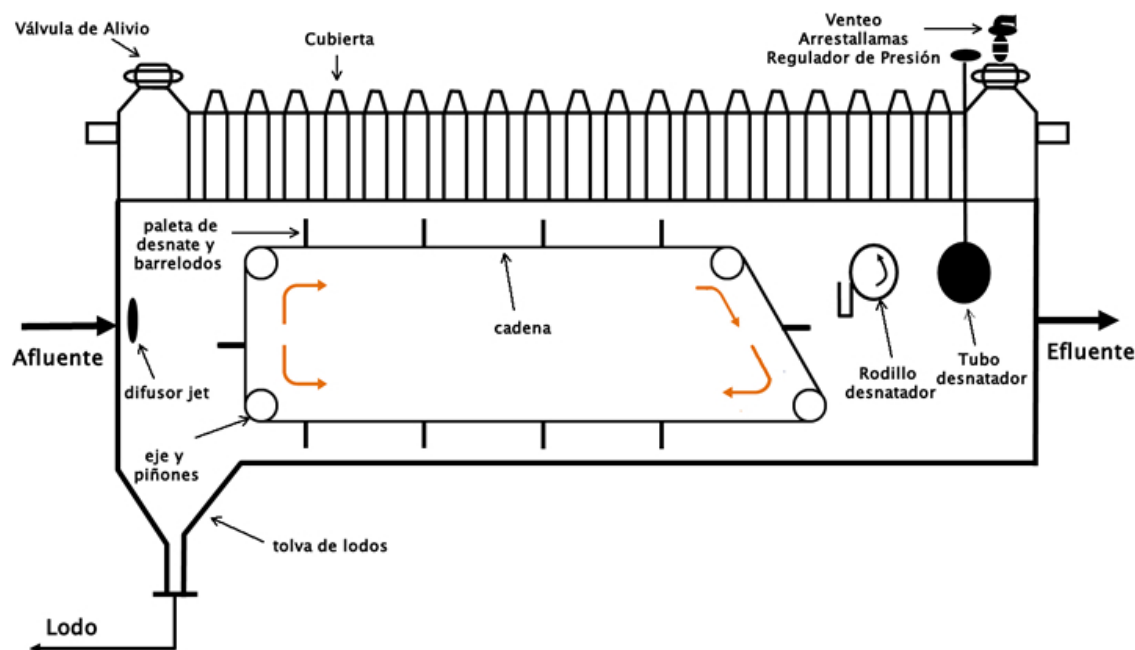


Ilustración 155: Representación de una pileta API

### 11.3.2.2 Tratamientos biológicos de las aguas residuales de la producción de ácido tereftálico

Los tratamientos biológicos surgen como una opción útil ya que en estos se logra la transformación de los residuos en productos más inocuos (biomasa y CO<sub>2</sub>) e incluso energéticamente útiles como el metano.

Debido a la presencia y persistencia en el ambiente del ácido tereftálico y compuestos relacionados, los microorganismos han desarrollado y adaptado nuevas rutas metabólicas para degradar estos compuestos. Se han encontrado tanto microorganismos aerobios como anaerobios capaces de degradar estos ácidos y sus esteres (Vamsee-Krishna and Phale 2008).

Para el caso del tratamiento anaerobio de los residuos, se han empleado principalmente consorcios bacterianos. En estos, los microorganismos se desarrollan en simbiosis; en este tipo de interacción uno o más miembros del consorcio produce uno o más metabolitos necesarios para otros grupos bacterianos miembros del consorcio. Existen diferentes investigaciones

donde se ha evidenciado la degradación de ácido tereftálico y compuestos derivados de este en condiciones anaerobias.

#### **11.3.2.2.1 Filtro anaeróbico**

Para realizar el tratamiento biológico de los residuos se puede utilizar un filtro anaeróbico el cuál es muy utilizado para aguas residuales de la industria química y petroquímica. (Red Española de Compostaje).

El mismo es un reactor biológico de lecho fijo con una o más cámaras de filtración en serie. Conforme las aguas residuales atraviesan el filtro, las partículas son atrapadas y la materia orgánica es degradada por la biomasa activa adjunta a la superficie del material del filtro.

Dentro de las cámaras filtrantes se crea una biopelícula formada por microorganismos que se adhiere a los materiales filtrantes, generalmente porosos, en donde se realiza la descomposición de la materia orgánica en un proceso de oxidación. Esta tecnología es utilizada para tratar el efluente de sedimentadores posteriores al pretratamiento, ya que estos remueven la basura y los sólidos que puedan obstruir el filtro. Los filtros anaerobios generalmente operan en modo de flujo ascendente, ya que así hay menos riesgo de que se lave la biomasa fija.

Con esta tecnología, la eliminación de DBO y sólidos en suspensión puede ser de casi 90%, pero suele ser de 50% a 80%. La eliminación de nitrógeno es limitada y normalmente no supera 15% en términos de nitrógeno total.

Los materiales comúnmente usados para el filtro incluyen grava, piedras quebradas, carboncillo, o piezas de plástico formadas especialmente.

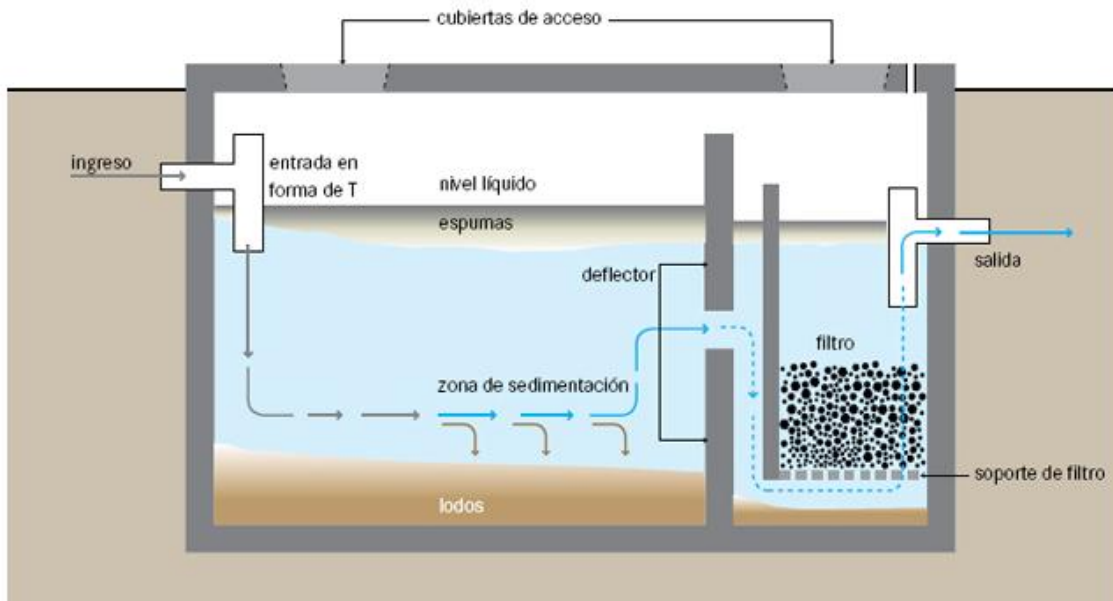
El tamaño típico de los materiales del filtro varía entre 12 y 55 mm de diámetro. Idealmente, el material proporcionará entre 90 y 300 m<sup>2</sup> de superficie por 1 m<sup>3</sup> de volumen del reactor. Al proporcionar una gran superficie para la masa bacteriana, hay un mayor contacto entre la materia orgánica y la biomasa activa que la degrada efectivamente.

### *Ventajas*

- No requiere energía eléctrica
- Bajos costos de operación
- Larga vida útil
- Alta reducción de DBO y sólidos
- Baja producción de lodo; el lodo está estabilizado
- Necesita un terreno de tamaño moderado (se puede construir bajo tierra)

### *Desventajas*

- Requiere diseño y construcción por parte de expertos
- Baja reducción de patógenos y nutrientes
- El efluente y el lodo requieren tratamiento adicional y/o descarga apropiada
- Alto riesgo de obstrucción, dependiendo del tratamiento primario



*Ilustración 156: Representación de un filtro anaeróbico*



### *11.3.2.3 Selección del tratamiento de efluentes*

En la planta se generan 5,5 m<sup>3</sup>/h de efluentes líquidos por tn de ácido tereftálico producido, los cuales están compuestos por las corrientes de efluente líquido que sale de la columna lavadora de gases, por la corriente de licor madre obtenida de la centrífuga de la sección de purificación y el destilado de la columna de destilación 1.

Para este volumen de efluentes, se encuentra conveniente utilizar los establecimientos de tratamiento de residuos sólidos y líquidos del parque industrial en donde se ubicará la planta.

## **Capítulo XII**

### **12 OBRAS CIVILES**

## 12.1 Introducción

En este capítulo se define la distribución de la planta en el lote seleccionado ubicado en el Centro Industrial Ensenada, lo cual se ha desarrollado en el capítulo de Localización de la Planta.

A demás se describen los detalles de construcción de cada uno de los sectores que forman parte de esta tales como los materiales y las dimensiones requeridas.

## 12.2 Descripción general de la distribución del predio

Las parcelas seleccionadas van del 1 al 3 del Centro Industrial Ensenada. Posee una superficie de 57083,08 m<sup>2</sup>, con dimensiones aproximadas de 557m por 54m por 160,53m.

El terreno se encuentra rodeado en dos extremos por una calle interna, en otro con acceso al camino Rivadavia y a tres de sus cuatro alrededores por una banda forestal.

El terreno posee una entrada a través de la calle Camino Rivadavia-Ruta Provincial N.º 13 prolongación de la avenida 32 de La Plata hasta el límite con la Zona Franca. Con solo 26 km de longitud conecta a las ciudades de Ensenada y La Plata, que facilita el acceso a distintos puntos de la planta.

A los lados de la industria hay una banda forestal y calles internas y en la parte trasera existen una seria de lotes sin ocupar. Al frente del predio seleccionado para nuestra planta, del otro lado del Camino Rivadavia, se encuentra la planta de Y.P.F.

Las calles internas se encuentran pavimentadas y correctamente iluminadas.

La superficie cubierta de la planta abarca la zona de recepción, zona de administración, oficinas, salas de capacitación, sala de I+D, vestuarios, baños, cocheras, comedor, depósito, tanques de solventes y tanque agitado, sala de caldera, zona de oxidación, zona de purificación, zona de recuperación del catalizador, laboratorio , taller de mantenimiento; el

resto de la zona de producción, donde se encuentran los reactores, columnas, tanques, intercambiadores, entre otros, se encuentra sin techar.

La distribución de los diferentes sectores en el terreno, se llevó a cabo pensando cómo sería el movimiento del personal, del producto y la secuencia de operaciones desde la recepción de la materia prima hasta la expedición del producto terminado.

En la tabla siguiente se detallan las dimensiones y la superficie de cada uno de los ambientes antes mencionados.

	<b>Sector</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
<b>1</b>	Estacionamiento	50x70	3500
<b>2</b>	Guardia (2 salas de 10m2 c/u)	5x4	20
<b>2.1</b>	Baño (uno para cada sala de 4m2 cada uno)	2x2(x2)	6
<b>3</b>	Zona administrativa		
<b>3.1</b>	Recepción	4x3	12
<b>3.2</b>	Oficina Administrativa	12x3 (3 oficinas)	36
<b>3.3</b>	Oficinas Técnica	12x3(3 oficinas)	36
<b>3.4</b>	Cocina	3x2,5	7,5
<b>3.5</b>	Baños (2 de 3x2)	6x2	12
<b>3.6</b>	Sala de conferencia	4x8	32
<b>3.7</b>	Sala de capacitación	4x12	48
<b>4</b>	Cocina/comedor	10x10	100
<b>5</b>	Vestuarios	5x10 (2 vestuarios)	100
<b>6</b>	Enfermería	4x6	24
<b>7</b>	Depósito		
<b>7.1</b>	Tanques materia prima	30x30	900

<b>7.2</b>	Insumos	4x3	12
<b>7.3</b>	MP R-301	8x20	160
<b>8</b>	Recepción MP	10x10	100
<b>9</b>	Zona de Producción		
<b>9.1</b>	Zona Oxidación (Sección 100)	22x43	946
<b>9.2</b>	Zona Recuperación Cat (Sección 300)	14x40	560
<b>9.3</b>	Zona Purificación Sección 200)	20x 35	700
<b>9.4</b>	Zona columnas (c301, c302)	18x 10 (aire libre)	180
<b>9.5</b>	Tanque Hidrogeno	2x2	4
<b>10</b>	Control de calidad		
<b>10.1</b>	Laboratorio	9x6	54
<b>10.2</b>	Oficina supervisor	3x3	9
<b>10.3</b>	Baños	3x2	6
<b>11</b>	Depósito y despacho PF	20x14	280
<b>12</b>	Taller de Mantenimiento	10x8	80
<b>13</b>	Sala de calderas	32x13	416

<b>14</b>	Sala de compresores	18x9	162
<b>15</b>	Torres de enfriamiento	18x40	60
<b>16</b>	Tratamiento de efluentes	20x6	120
<b>TOTAL</b>			8327

Tabla 162: Sectores de la planta y sus dimensiones

### 12.3 Descripción detallada de cada sector

Las dimensiones de los distintos sectores de la planta se definen teniendo en cuenta diferentes aspectos de acuerdo a la zona en cuestión.

#### 12.3.1 Sector 1: estacionamiento

Para este sector se dispone de un espacio para resguardar los vehículos pertenecientes a la empresa como así también a los trabajadores. La planta cuenta con una playa de estacionamiento para autos, bicis y motos amplio de 50x70 m.

La playa se construye de pavimento rígido y hormigón, realizado con cemento. El techo que cubre los vehículos está compuesto de una estructura de hierro unido a chapas blancas, que resguardan de la lluvia y el sol.

#### 12.3.2 Sector 2: edificios de guardia

El predio cuenta con dos edificios de guardia idénticos entre sí. Constan cada uno, de la sala de guardia, propiamente dicha, y de su baño correspondiente. Su función es la de control de ingreso y egreso de personas y rodados al establecimiento.

Tabla 163 Dimensiones de los edificios de guardia

<i>Sub-sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Sala de guardia</i>	5	4	3
<i>Baño</i>	3	2	3

**Sala de Guardia:** tiene una ventana, de 1.20 x 1.50 m y puertas de 1.20 m de ancho x 2.0 m de alto.

**Mobiliario:** Silla regulable, escritorio, armario archivo, teléfono, PC, frigobar, aire frío-calor.

**Sanitario:** cuenta con un inodoro, bidet y un lavatorio. Las paredes están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. La ventilación del baño se realiza mediante una banderola y la puerta es de 1.20 m de ancho x 2.0 m de alto.

### 12.3.3 Sector 3: Zona de administración

El edificio central de administración consta de ambientes destinados a los distintos departamentos y oficinas de la empresa, como así también a las instalaciones necesarias para el día a día. Las mismas son:



<i>Sub-sector</i>	<i>ID Sub-sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
		<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Recepción</i>	<i>3.1</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Oficina gerente comercial</i>	<i>3.2</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Oficina gerente contable y de finanzas</i>	<i>3.2</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Oficina gerente de recursos humanos</i>	<i>3.2</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Oficina gerente de ingeniería y producción</i>	<i>3.3</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Oficina gerente general</i>	<i>3.3</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Oficina gerente de seguridad</i>	<i>3.3</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Kitchenette</i>	<i>3.4</i>	<i>3</i>	<i>2,5</i>	<i>3</i>
<i>Baño 1</i>	<i>3.5</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Baño 2</i>	<i>3.5</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Sala de Conferencias y uso común</i>	<i>3.6</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>3</i>
<i>Sala de Capacitación</i>	<i>3.7</i>	<i>4</i>	<i>12</i>	<i>3</i>

Tabla 164: Dimensiones de la zona de administración

Estos ambientes se encuentran vinculados a través de un ambiente central de recepción y por medio de pasillos con la distribución adecuada.

**Oficinas:** poseen cada una, una ventana de 1.80 x 1.50 m y una puerta de 1.20 x 2 m. Cuentan con: un sillón regulable, dos sillas, un escritorio, archivero, armario, perchero, teléfono, pizarrón y PC completa.

**Recepción:** Cuenta con una zona vidriada con ventanas que van desde el piso hasta el techo con cortinas roller black up y una puerta también de vidrio, en dicho espacio se encontrará una serie de bancos de espera para ser atendidos separados del recepcionista por una barra estructural. Donde se encuentra el recepcionista consta de un escritorio con un sillón regulable y tres sillas, una PC completa, teléfono, armario archivero, almacenamiento y perchero.

**Sala de capacitación:** tiene cuatro ventanas de 1.20 x 1.50 m y una puerta batiente doble. Cuenta con mesas para cuatro personas y sillas, archivero, armario, televisor, proyector y pantalla para el mismo y amplificador de sonido, PC, frigobar y un escritorio pequeño.

**Sala de conferencias:** tiene cuatro ventanas de 1.20 x 1.50 m y una puerta batiente doble. Cuenta con una mesa grande y sillas, archivero, armario, televisor, proyector y pantalla para el mismo y amplificador de sonido, PC, frigobar y perchero.

**Cocina:** las paredes contiguas a las mesadas y cocina están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. Una ventana de 1.20 x 0.8 m y una puerta de 1.20 m x 2.0 m. Posee cocina y microondas, heladera, pileta con mesada y bajo mesada, mesa pequeña, sillas, alacena y calefón.

**Baño 1 y 2:** cuentan con un inodoro, un bidet, un espejo grande con un lavatorio. El retrete se encontrará adaptado para discapacitados. Las paredes están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. Cuenta con una banderola para ventilación.

#### 12.3.4 Sector 4: Comedor

El área de la cocina tiene 10m por 10m por 3 de alto y posee cinco ventanas de aluminio de 1.80 x 1.5 m y dos puertas de 1.20 m de ancho x 2.0 m de alto. Las paredes contiguas a las mesadas y cocina están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m.

Está equipada con cocina y microondas, heladera, pileta con mesada, alacena, calefón, armarios para almacenes, filtro sanitario, etc.

El comedor tiene mesas y sillas, barra de autoservicio, depósito de bandejas y recipientes para residuos.

#### 12.3.5 Sector 5: Vestuarios

El vestuario se divide en dos, el vestuario femenino y el masculino. Los mismos cuentan con las características siguientes:

**Vestuario Masculino:** cuenta con cuatro mingitorios, cuatro inodoros, cuatro bidets, un espejo grande dos lavatorios. Un retrete se encontrará en un box adaptado para discapacitados de 2.50 m de ancho x 1.20 m de profundidad x 2 m de altura. Las duchas son tres y de 0.9 m x 0.9 m. Las paredes están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. Cuenta con una banderola para ventilación. Posee armarios que tienen compartimentos independientes para la ropa de calle y para la ropa de trabajo, individualizados y señalizados con el nombre del personal, construidos de chapa común. También hay bancos de metal.

**Sanitario y vestuario Femenino:** contará con tres inodoros, tres bidets, un espejo grande, dos lavatorios. Un inodoro se encuentra en un box adaptado para discapacitados de 2.5 m de ancho x 1.2 m de profundidad x 2 m de altura. Las duchas son dos y de 0.9 m x 0.9 m. Las paredes están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. Cuenta con una banderola para ventilación. Posee armarios que tienen compartimentos independientes para la ropa de calle y para la ropa de trabajo, individualizados y señalizados con el nombre del personal, construidos de chapa común. También hay bancos de metal.

### 12.3.6 Sector 6: Enfermería

Este sector cuenta con los siguientes espacios:

<i>Sub-Sector</i>	<i>ID Sub-sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
		<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Sala de espera</i>	<i>6.1</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
<i>Consultorio</i>	<i>6.2</i>	<i>3,5</i>	<i>3,5</i>	<i>3</i>
<i>Sala de primeros auxilios</i>	<i>6.3</i>	<i>5,1</i>	<i>3,5</i>	<i>3</i>
<i>Sanitarios</i>	<i>6.4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>

*Tabla 165: Dimensiones de la zona de enfermería*

**Sala de Espera:** cuenta una ventana de 1.80 x 1.50 m. Posee sillones y mesa pequeña.

**Sala de Primeros Auxilios:** las paredes se encuentran cubiertas hasta 2 m por cerámicos, además posee una ventana de 1.20 x 0.80 m y una puerta de 1.20 m x 2.0 m.

**Consultorio:** posee una ventana de 1.80 x 1.50 m y una puerta de 1.20 x 2 m. Tiene silla regulable, escritorio, archivero, teléfono y PC.

**Sanitarios:** cuenta con dos inodoros, un espejo y dos lavatorios. Las paredes están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. Cada box cuenta con una banderola para ventilación.

### 12.3.7 Sector 7: Depósito

<i>Sub-Sector</i>	<i>ID Sub-sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
		<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Zona tanques MP</i>	<i>7.1</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>15</i>
<i>Insumos</i>	<i>7.2</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>MP R-301</i>	<i>7.3</i>	<i>20</i>	<i>8</i>	<i>10</i>

Tabla 166: Dimensiones de las zonas de depósito

Esta zona ya se encuentra en la planta de producción y se divide en tres áreas: dos áreas bien ventiladas y de gran tamaño en las cuales se encuentran los tanques de almacenamiento y otra más pequeña que cuenta con estanterías en todas sus paredes para la ubicación de los insumos y a su vez de las muestras. La misma dispone de una pequeña mesa tipo isla y tiene una ventana de 1,20 x 1,80 m y una puerta de 2,00 x 0,80 m.

### 12.3.8 Sector 8: Recepción de materia prima

La zona de Recepción de Materia prima se encuentra ubicada en las cercanías del depósito de materia prima y la zona de despacho de producto terminado a continuación del almacenamiento del ácido tereftálico.

### 12.3.9 Sector 9: Área de Producción

<i>Sub-Sector</i>	<i>ID Sub-sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
		<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Zona de Oxidación</i>	<i>9.1</i>	<i>43</i>	<i>22</i>	<i>15</i>
<i>Zona de Rec. Catal.</i>	<i>9.2</i>	<i>40</i>	<i>14</i>	<i>12</i>
<i>Zona de Purificación</i>	<i>9.3</i>	<i>35</i>	<i>20</i>	<i>13</i>
<i>Zona de Columnas</i>	<i>9.4</i>	<i>18</i>	<i>10</i>	<i>15</i>
<i>Tanque de H<sub>2</sub></i>	<i>9.5</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>5</i>

*Tabla 167: Dimensiones de la zona de producción*

El área efectiva para cada zona de producción se determinó de acuerdo al tamaño de los equipos y a la disposición elegida para facilitar la circulación del producto por todo el proceso. Cada área tiene una parte de la misma que se encuentra al aire libre y en el caso de la zona de columnas y del tanque de almacenamiento de hidrógeno, son completamente al aire libre por lo tanto la altura no es necesaria.

En el plano general de la planta se podrá observar la disposición de los equipos y las áreas delimitadas con las carreteras necesarias para la fácil circulación en el predio.

12.3.10 Sector 10: Control de Calidad

<i>Sub-Sector</i>	<i>ID Sub-sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
		<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Laboratorio</i>	<i>10.1</i>	<i>9</i>	<i>6</i>	<i>3</i>
<i>Oficina supervisor</i>	<i>10.2</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Baño</i>	<i>10.3</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

Tabla 168: Dimensiones de la zona de control de calidad

Sala de Laboratorio: cuenta con tres ventanas de aluminio de 1.20 x 1.50 m y una puerta de aluminio de 1.20 x 2 m. Cuenta con múltiples mesadas para la ubicación de los equipos y para trabajo diario, mesa y sillas, taburetes, archivero y PC completa.

Oficina del supervisor: cuenta con una ventana de 1.20 x 1.50 m y una puerta de 1.20 x 2 m. Cuenta con sillas regulables, escritorio, PC, archivero.

Baño: cuenta con dos inodoros, un espejo y dos lavatorios. Las paredes están revestidas de cerámico hasta una altura de 2 m. Cuenta con dos banderolas para ventilación.

12.3.11 Sector 11: Depósito y despacho del producto final

El área de depósito y despacho del producto final cuenta con unas medidas de 14m de largo por 20m de ancho y una altura de 15 m.

El ácido tereftálico se almacena en silos de 7,5 m de diámetro y 15 metros de altura y a la hora de su despacho se fracciona o se vende a granel de acuerdo al requerimiento del cliente.

Si se decide fraccionar, se lo hace en silo bolsas de 1000kg cada una.



Ilustración 157: Representación de las bolsas de embalaje

### 12.3.12 Sector 12: Taller de Mantenimiento

Para el taller de mantenimiento, se asigna un espacio lo suficientemente grande para que sea posible guardar los equipos necesarios. El mismo cuenta con mesadas, estanterías, herramientas y espacio para la circulación del personal.

### 12.3.13 Sector 13: Sala de caldera

Sector	Dimensiones		
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Sala de caldera	32	13	10

Tabla 169: Dimensiones de la zona de calderas



Se construye con paredes de 30 cm de ancho. El ingreso es mediante un portón corredizo de 3,00 x 3,00 m de chapa reforzada y posee dos ventanas de chapa de 1,80 x 0,80 m.

**12.3.14 Sector 14: Sala de compresor**

<i>Sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Sala de compresor</i>	<i>18</i>	<i>9</i>	<i>5</i>

*Tabla 170: Dimensiones de la zona de compresores*

Se construye con paredes de 30 cm de ancho. El ingreso es mediante un portón corredizo de 3,00 x 3,00 m de chapa reforzada y posee dos ventanas de chapa de 1,80 x 0,80 m.

**12.3.15 Sector 15: Torres de enfriamiento**

En este sector se ubican las torres de enfriamiento. Se realizan las fundaciones correspondientes al peso y dimensiones de las mismas.

<i>Sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Torres de enfriamiento</i>	<i>18,00</i>	<i>40,00</i>	<i>---</i>

*Tabla 171: Dimensiones de la zona de torres de enfriamiento*

### 12.3.16 Sector 16: Tratamiento de Efluentes

<i>Sector</i>	<i>Dimensiones</i>		
	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Alto (m)</i>
<i>Zona de tratamiento de efluentes</i>	<i>20</i>	<i>6</i>	<i>Se encuentra al aire libre</i>

Tabla 172: Dimensiones zona de tratamientos de efluentes

## 12.4 Materiales de las estructuras civiles

### 12.4.1 Paredes y pisos

Los pisos son de cerámicos tipo granítico (cuyas medidas son de 40 x 40 cm) la capa aisladora horizontal se continuará por debajo de todo el piso mediante una carpeta de nivelación de un espesor entre 20 y 30 mm de concreto, sobre el cual se construirá el contrapiso de un espesor aproximado de 100 mm (1/2:1:4:6 de cemento, cal, arena gruesa y grava). La colocación de los cerámicos será con un adhesivo plástico de 2 a 3 mm. En aquellos edificios en donde el piso está sometido a la acción de golpes y materiales como aceites, ácidos, álcalis, etc., éste es de hormigón y recubierto con un material resistente a ellos. Para facilitar la limpieza y el escurrimiento de líquidos tienen declives hacia canaletas de desagües.

En cuanto a las paredes, se eligen ladrillos comunes de 200 mm de espesor, revoque exterior antes citado y revoque agregado liviano al interior.

### 12.4.2 Aberturas

Las medidas adoptadas para las puertas en general serán de 1.20 m de ancho y 2 m de alto, lo que incluye el paso de personas físicamente especiales (sillas de ruedas).

Las aberturas que se destinan a brindar iluminación natural y visión serán de vidrio simple de 2 mm de espesor y las destinadas a brindar iluminación y visión sólo hacia el exterior

serán de vidrio opalino. El material empleado para las ventanas y puertas es aluminio o chapa de alta resistencia según el caso.

Desde el punto de vista de la seguridad, el modo de apertura es de extrema importancia, por ello obligatoriamente todas se abren hacia afuera y están perfectamente señalizadas para prever situaciones de emergencia.

<i>Abertura</i>	<i>Forma de abrir</i>	<i>Característica</i>
<i>Ventana corrediza</i>	<i>Lateral</i>	<i>Apertura regulable</i>
<i>Banderola</i>	<i>Hacia adentro</i>	<i>Ventilación orientada y en la zona alta</i>
<i>Puerta batiente</i>	<i>Hacia afuera</i>	<i>Fácil apertura</i>

Tabla 173: Tipos de aberturas y características

<i>Abertura</i>	<i>Dimensiones exteriores</i>	<i>Cantidad de postigos</i>
<i>Ventana corrediza</i>	<i>1,20 x 0,80 m; 1,20 x 1,50 m; 1,80 x 1,50 m</i>	<i>2; 2; 3</i>
<i>Banderola</i>	<i>0,45 x 0,45 m</i>	<i>1</i>
<i>Puerta batiente</i>	<i>1,20 x 2,00 m</i>	<i>2</i>

Tabla 174: Aberturas y dimensiones

### 12.4.3 Techos y cubiertas

Según el caso, los techos y cubiertas tienen las siguientes características:

- **Cubiertas planas horizontales:** mantienen una pendiente de hasta un 3% como máximo y tiene posibilidades de ser transitadas en forma permanente u ocasional. En ellas el aislante hídrico es lo principal. El techo consiste en una losa común de hormigón de 80 mm de espesor, construida a 3 m de altura sobre el nivel del piso. Encima, se coloca un impermeabilizante plástico a fin de protegerlo de la humedad, y entre éste y el piso se coloca un cielorraso.
- **Cubiertas metálicas sobre estructura reticulada:** serán chapas sobre cabreadas de hierro o madera, para los edificios tipo tinglado con caída.

### 12.4.4 Caminos internos

Las veredas que rodean a los edificios están construidas con un contrapiso de 80 mm de alto y revestido con baldosas para exteriores resistentes al sol, su ancho es de 1,00.

Los caminos internos están contruidos con pavimento y demarcados con pintura epoxi indicando las sendas peatonales. Se los limita con la construcción de un cordón cuneta en ambos extremos de la calle, el cual sirve también para la circulación del agua evitando su acumulación.

	<i>Materiales de construcción</i>					
<i>Estructuras civiles</i>	<i>Pisos</i>	<i>Paredes</i>	<i>Techos y cubiertas</i>	<i>Aberturas interiores</i>	<i>Aberturas exteriores</i>	
					<i>Puertas</i>	<i>Ventanas</i>
<i>Estacionamiento</i>	<i>Pavimento</i>	--	<i>Metálica, inclinada</i>	--	--	--
<i>Guardia</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	<i>Chapa</i>	<i>Chapa reforzada</i>	<i>Aluminio, vidrios opalinos</i>
<i>Zona de administración</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio, vidrios opalinos</i>
<i>Comedor</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	<i>Chapa</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio, vidrios opalinos</i>
<i>Vestuarios</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	<i>Chapa</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio, vidrios opalinos</i>
<i>Enfermería</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio, vidrios opalinos</i>

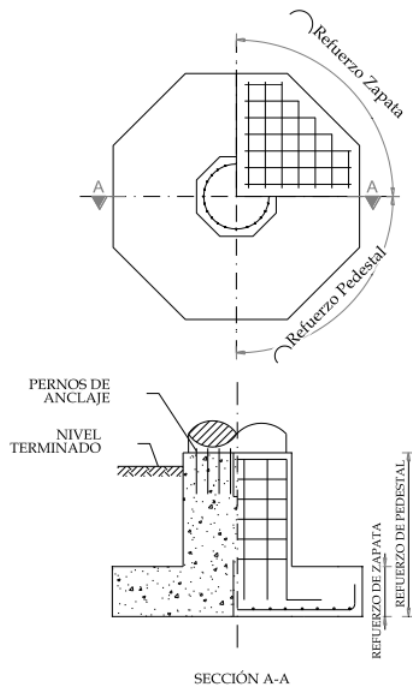
<i>Depósito</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	--	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio, vidrios opalinos</i>
<i>Recepción Materia Prima</i>	<i>Contrapiso</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Metálico</i>	--	<i>Aluminio</i>	<i>Chapa</i>
<i>Producción</i>	<i>Cerámico y contrapiso</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano y metálico</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Chapa reforzada</i>	<i>Chapa</i>
<i>Control de Calidad</i>	<i>Cerámico</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aluminio</i>
<i>Depósito PF</i>	<i>Contrapiso</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Metálica</i>	--	<i>Chapa</i>	<i>Chapa</i>
<i>Edificio de mantenimiento</i>	<i>Contrapiso</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Metálica</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Chapa</i>	<i>Chapa</i>
<i>Sala de caldera</i>	<i>Contrapiso</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	--	<i>Chapa reforzada</i>	--
<i>Sala de compresor</i>	<i>Contrapiso</i>	<i>Ladrillo</i>	<i>Plano</i>	--	<i>Chapa reforzada</i>	--
<i>Caminos internos</i>	<i>Pavimento</i>	--	--	--	--	--

Tabla 175: Estructuras de construcción y materiales

#### 12.4.5 Cimentaciones para equipos y tanques de almacenamiento

##### Tanques de almacenamiento verticales y columnas

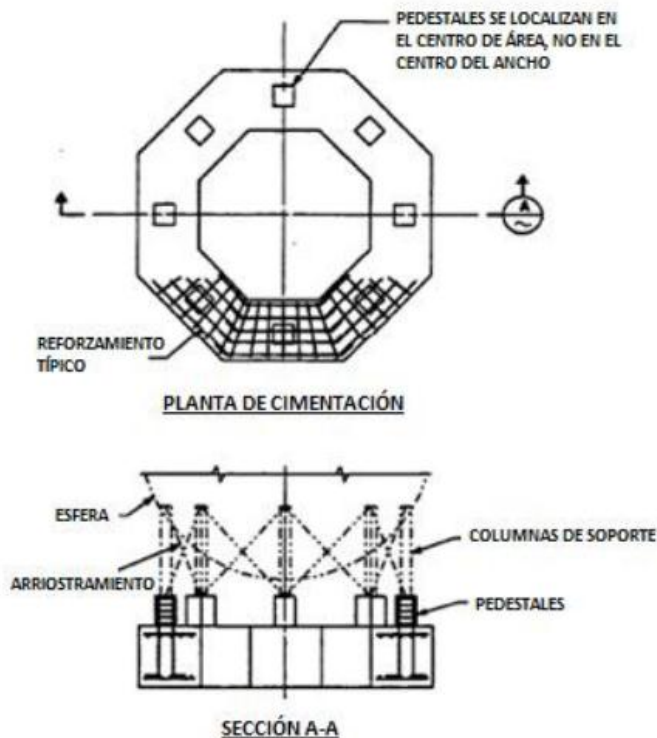
Como deben ser capaces de soportar la carga por gravedad y, debido a su altura, también grandes fuerzas laterales como vientos fuertes, esos equipos/tanques se ubican sobre pedestales apoyados sobre zapatas, losa o pilotes directamente, para tanques no tan altos puede utilizarse un pedestal simplemente apoyado (enterrado) en el suelo.



*Ilustración 158: Ejemplo de pedestal y zapata octogonal*

### Tanques de almacenamiento esféricos

Se construyen cimentaciones de hormigón armado. Los recipientes son soportados sobre anillos circulares rígidos (o hexagonal u octogonal) y zapatas aisladas rigidizadas entre sí. La nivelación de los tanques se realiza con la máxima precisión para que el ecuador quede horizontal y se logre un reparto uniforme de las cargas en las patas de apoyo.

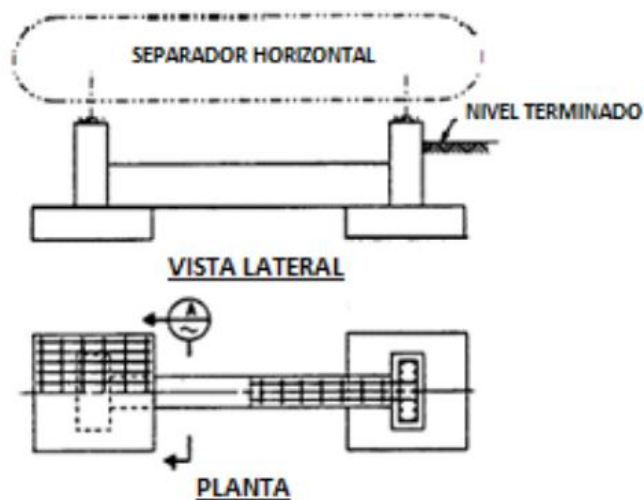


*Ilustración 159: Ejemplo de Cimentación tanques esféricos*

### Tanques de almacenamiento horizontales e intercambiadores de calor

Su configuración está compuesta por pedestales que descansan sobre zapatas, ya sea individuales (unidas por una viga a manera de trabe o arriostramiento); zapatas corridas o sobre pilotes directamente. Dichos pedestales están elevados varios centímetros del suelo terminado, debido a los requerimientos del paso de tuberías y conexiones.



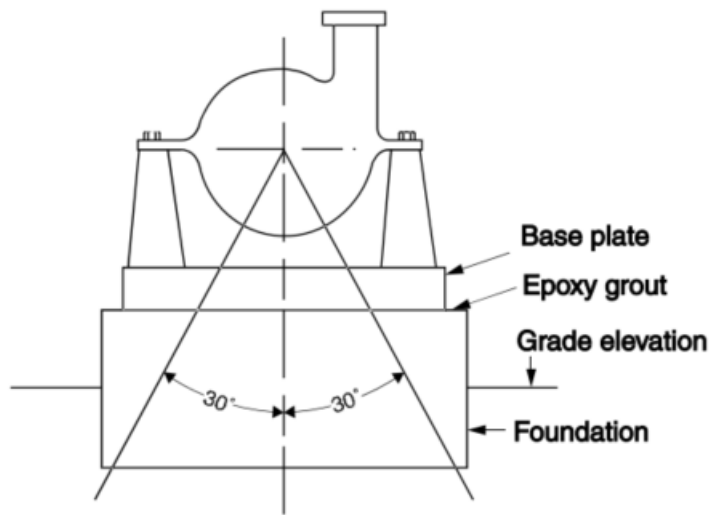


*Ilustración 160: Cimentación tanques horizontales e intercambiadores de calor*

### Bombas y compresores

La masa de concreto deber ser por lo menos cinco veces superior al peso del equipo que soporta. Esta relación aporta suficiente masa como para absorber las cargas estática y dinámica generadas por la bomba y su motor. Para bombas de menos de 500 HP la parte superior de la base debe ser por lo menos 3 pulgadas más ancha y más larga que la base de la bomba, y de por lo menos 6 pulgadas más ancha y para bombas ms grandes.

Además, la cimentación debe tener la suficiente anchura para soportar y disipar totalmente la energía generaba por el equipo de bombeo. Para determinar la anchura de la parte inferior puede seguirse el siguiente esquema: dibujar líneas imaginarias desde el centro de rotación hacia abajo en un ángulo de  $30^\circ$  con la vertical, como se muestra seguidamente. Estas consideraciones son válidas, igualmente, para los compresores.



*Ilustración 161: Cimentación de una bomba.*

## **Capítulo XIII**

### **13 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### 13.1 Introducción

En este capítulo se describen los elementos y los tipos de instrumentos que se utilizarán para realizar las conexiones de la instalación eléctrica de la planta de ácido tereftálico.

Las elecciones siguen las normas que regulan este tipo de servicio, además de adoptar los materiales y equipos que se consideran apropiados respecto a costo, espacio, mantenimiento y confiabilidad.

### 13.2 Tableros

Todos los circuitos eléctricos deben tener tableros que están constituidos por cajas o gabinetes con cubiertas y soportes, donde se colocan las llaves o interruptores, protecciones y en caso de instalaciones importantes, los elementos de señalización y control, pudiendo ser diseñados para montaje sobre piso, pares o de embutir y construidos en metal o materiales plásticos.

En los tableros podemos encontrar los siguientes elementos:

- Interruptores manuales o termomagnéticos, contactores y conmutadores, todos estos son elementos de maniobra destinados a la puesta o corte del servicio eléctrico.
- Tapones cartucho, fusibles, etc., siendo estos elementos de protección para prevenir la instalación contra corto circuitos o sobrecargas inadmisibles.
- Medidores de energía, voltímetros, etc., siendo estos elementos de medición para determinar las distintas magnitudes eléctricas.

Los tableros se pueden clasificar desde el punto de vista operacional en:

- Tablero Principal, que comanda toda la instalación de la planta y se instala el interruptor principal.
- Tablero Seccional, que opera varios circuitos.
- Tablero Sub - Seccional, que es el encargado de operar solo una parte del circuito.

En un tablero, cada circuito tiene su interruptor y su correspondiente elemento de protección, para permitir sacar de servicio cualquier circuito y efectuar reparaciones o renovaciones sin correr riesgos de electrocución.

### 13.2.1 Tablero principal

Al tablero principal ingresa la línea principal y de éste derivan las demás. Se encuentra en una sala confeccionada para tal fin cerca de la sala de guardia, para garantizar resguardo de las condiciones climáticas y de todo factor que pudiera ocasionar un perjuicio como así también una cercanía adecuada a los principales puntos de consumo.

La línea principal conecta el medidor de energía con el tablero principal. El tendido es subterráneo ubicado a 80 cm de la superficie, dentro de un caño de PVC.

Contiene los interruptores diferenciales y termomagnéticos para la protección de las líneas y los capacitores necesarios para la corrección del  $\cos \phi$ .

### 13.2.2 Tableros seccionales

Los tableros seccionales se ubican en distintas aéreas de la planta, ya sea resguardado o a la intemperie, los cuales son indicados oportunamente. Los tableros deben estar en zonas que permitan un fácil y libre acceso con una adecuada iluminación y señalización.

<b>Tablero Seccional- Sector vinculado</b>	<b>Comanda</b>
<b>Estacionamiento</b>	Luminarias Exteriores
<b>Guardia</b>	Luminarias interiores Tomas monofásicas

<b>Zona administrativa</b>	Luminarias interiores Tomas monofásicas
<b>Cocina/comedor</b>	Luminarias interiores Tomas monofásicas
<b>Vestuarios</b>	Luminarias interiores Tomas monofásicas
<b>Enfermería</b>	Luminarias interiores Tomas monofásicas
<b>Depósito MP</b>	Luminarias Exteriores
<b>Recepción MP</b>	Luminarias Exteriores
<b>Zona de Producción</b>	Luminarias Exteriores Tomas monofásicas Tomas trifásicas
<b>Control de calidad</b>	Luminarias interiores Tomas monofásicas Tomas trifásicas
<b>Depósito y despacho PF</b>	Luminarias Exteriores

<b>Taller de Mantenimiento</b>	Luminarias interiores  Tomas monofásicas  Tomas trifásicas
<b>Sala de calderas</b>	Luminarias interiores  Tomas monofásicas  Tomas trifásicas
<b>Sala de compresores</b>	Luminarias interiores  Tomas monofásicas  Tomas trifásicas
<b>Torres de enfriamiento</b>	Luminarias exteriores
<b>Tratamiento de efluentes</b>	Luminarias exteriores

*Tabla 176: Tableros Seccionales y comandas*

Los tableros seccionales distribuyen la corriente a los distintos puntos de consumo, agrupados en sectores, los cuales están protegidos por fusibles o interruptores termomagnéticos seleccionados de acuerdo a la intensidad de corriente que circula.

Se utiliza una tensión de 220 V para líneas monofásicas y 380 V para trifásicas. Para las tomas trifásicas se utilizan las tres fases (R, S y T), distribuyéndose en cada una la misma intensidad de corriente.

### 13.2.3 Bocas para alumbrado y tomacorrientes

Para la alimentación de los tomacorrientes y las lámparas se utilizan conductores de cobre especiales para instalaciones industriales resistentes a la llama. El conductor es conducido por caño dentro de los distintos locales.

Los tomacorrientes que se destinan para oficinas y usos generales son calculados para 300 W. También se incorporan tomacorrientes para taller, en donde puede ser necesario la conexión de motores, estos son para 1000 W.

### 13.3 Protección

Los métodos empleados para la protección son:

- Puesta a tierra de protección
- Circuito de protección por interruptores diferenciales

La importancia de la puesta a tierra en instalaciones industriales, radica en la seguridad contra tensiones peligrosas para las personas por contactos indirectos. Se recomienda instalar la toma a tierra en un lugar próximo al tablero de fusibles del medidor, directamente enterrada en el terreno natural, preferentemente en un lugar húmedo, para favorecer la conducción a tierra.

Los interruptores diferenciales en casos de fallas, deben actuar desconectando la alimentación en tiempos que estén vinculados a los efectos fisiológicos sobre el cuerpo humano, de la corriente circulante. Al detectarse corrientes de fuga, es decir provenientes de un contacto directo o indirecto, el dispositivo se dispara y saca de funcionamiento la zona en cuestión.

Por último, se presentan los dispositivos que protegen a los circuitos de los efectos dados por una sobre intensidad en la línea, la que puede estar originada en un cortocircuito o una sobrecarga:



- Fusibles, son los que se activan cuando la corriente sobrepasa un valor prefijado en un lapso de tiempo determinado, siendo su misión la de abrir el circuito y cancelar el paso de corriente.
- Relés térmicos, acompañados de fusibles protegen los motores cuya potencia asciende a valores por encima de 750 W. Su función es la de controlar el calentamiento de las bobinas de los motores y desconectan el circuito cuando la temperatura excede un valor determinado.
- Contactores, son aparatos mecánicos accionados por un electroimán que opera en una sola posición (cerrado o abierto). Estos dispositivos son los encargados de surtir la energía eléctrica requerida por los motores para su funcionamiento y, accionados desde la sala de control, pueden dar o interrumpir el suministro eléctrico en cuanto el personal lo mande.
- Llaves termomagnéticas, se usan para librar y proteger de sobrecalentamiento a las líneas de conducción eléctrica. Su funcionamiento es similar al del relé, pero su aplicación está vinculada con las luminarias e instalaciones eléctricas del tipo administrativo.

### 13.3.1 Protección contra descargas eléctricas

Debe crearse un sistema completo de protección contra el rayo, que consta de un sistema externo y un sistema interno. El sistema externo comprende un dispositivo captor (terminal aéreo), las bajadas del mismo y el sistema de puesta a tierra.

El sistema interno comprende todos los dispositivos complementarios al externo que permiten reducir los efectos electromagnéticos de la corriente del rayo en el espacio a proteger.

Se colocan tres pararrayos, que están ubicados en edificio de producción, edificio de mantenimiento y edificio de calidad.

## 13.4 Cálculo de luminarias y de consumo de potencia de equipos

### 13.4.1 Iluminación interior

Para la iluminación interior se selecciona el siguiente modelo de artefacto:



*Ilustración 162: Representación de la iluminaria interior*

(Artelum, s.f.)

Descripción general:

Artefacto lineal modular construido íntegramente en chapa de acero, con tratamiento de pintura en polvo epoxi termo convertible. Reflector espejado de alto rendimiento. Múltiples accesorios: louver tipo rejilla en blanco o cromo, difusor de policarbonato, accesorios de uniones para el armado de figuras, kit para suspender, etc. Certificado de seguridad eléctrica.

Especificaciones técnicas:

CÓDIGO	BASE	POTENCIA
75020 PTL	G13	2 x 9,5 w (T8 LED)
75110 PTL	G13	2 x 18 w (T8 LED)
75010	G13	1 x 18 w (T8 FL)
75020	G13	2 x 18 w (T8 FL)
75100	G13	1 x 36 w (T8 FL)
75110	G13	2 x 36 w (T8 FL)

Ilustración 163: Especificaciones técnicas de la luminaria

Plano y medidas:

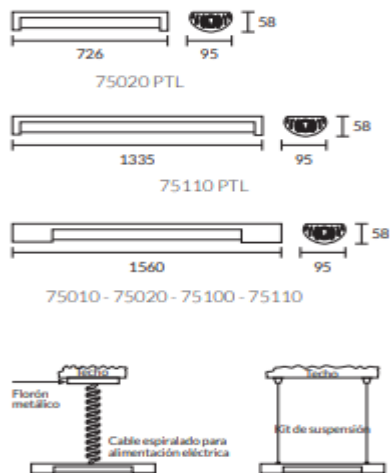


Ilustración 164: Planos y medidas con tubos fluorescente de 36 W

Método de cálculo:

- Niveles de iluminación: antes de comenzar los cálculos de iluminación se debe contar con los valores requeridos para el tipo de actividad a desarrollar en cada sector.
- Índice del local (k): los locales a iluminar se clasifican según la relación existente entre sus dimensiones, la altura de montaje y el tipo de alumbrado. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$k = \frac{A \times L}{h \times (A + L)}$$

Donde:

A: ancho del local (m).

L: longitud del local (m).

H: altura de montaje (m).

- Factor de mantenimiento ( $f_m$ ): En términos generales, se pueden establecer los factores de mantenimiento que aparecen en la siguiente tabla, que son función del ambiente de trabajo. Este factor se obtiene por la multiplicación de tres factores (la depreciación del flujo de la lámpara, la depreciación de la luminaria y la depreciación de la superficie del local).

Ambiente de trabajo	$f_m$
Acerías, fundiciones	0,65
Industrias de soldadura, mecanizado	0,70
Oficinas industriales, salas	0,75
Patios de operaciones, locales públicos	0,80
Despachos, oficinas comerciales, informáticas	0,85

Tabla 177: Factores de mantenimiento

- Factor de utilización o utilancia ( $f_u$ ): es la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas. Es un dato muy importante para el cálculo del alumbrado y depende de una diversidad de factores como el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelo) y el factor de mantenimiento. En general, para su determinación, se utiliza el método de las reflectancias y existen, actualmente, muchas situaciones y valores tabulados según cada fabricante e incluso programas para usuarios que facilitan los cálculos para el usuario, tal como se realizó en el presente proyecto. A la hora de manejar este factor, debe tener en cuenta si está contemplado el rendimiento ( $\eta$ ) de la luminaria para su posterior uso de la ecuación de alumbrado.

#### 13.4.1.1 Consideraciones y proceso de cálculo:

- Características geométricas del local.
- Características de reflexión de las diferentes superficies.
- Obtención de los valores requeridos para las diferentes actividades a desarrollar.
- Seleccionar el tipo de luminaria a instalar en función de las características del local.
- Cuando realizamos el cálculo de la iluminación de un local por el método del factor de utilización, es necesario conocer el rendimiento de la luminaria y el valor de  $k$ .
- Una vez que se cuenta con toda esta información se aplica la siguiente ecuación.

$$E_{ms} = \frac{N_i \times N_l \times \eta \times f_u \times f_m}{S}$$

Donde:

$E_{ms}$ : iluminación media en servicio.

$N_i$ : Flujo luminoso unitario de la lámpara.

$N_l$ : número de lámparas (a determinar).

$h$ : rendimiento de la lámpara.

$f_u$ : factor de utilización.

$f_m$ : factor de mantenimiento.

$S$ : superficie a iluminar.

A continuación, se detallan las necesidades de iluminación en los diferentes ambientes interiores de la planta, siguiendo el esquema de cálculo indicado anteriormente:

Guardia								
Sub sector		$N_i$ (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	$N_i$ (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)
1	Sala de guardia 1	100	12	4	36	0,15	3,6	108
2	Sanitario 1	100	6	2	36	0,07	1,68	50,4
3	Sala de guardia 2	100	12	4	36	0,15	3,6	108
4	Sanitario 2	100	6	2	36	0,07	1,68	50,4
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								316,8

Tabla 178: Necesidades de iluminación en el sector de guardia



Zona Administrativa								
Sub-Sector	N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>l</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)	
1	Recepción	200	18	10	36	0,36	2,88	86,4
2	Oficina de gerente comercial	300	12	6	36	0,22	1,73	52
3	Oficina gerente contable y de finanzas	300	12	6	36	0,22	1,73	52
4	Oficina gerente de recursos humanos	300	12	6	36	0,22	1,73	52
5	Oficina gerente de ingeniería y producción	300	12	6	36	0,22	1,73	52
6	Oficina gerente general	300	12	6	36	0,22	1,73	52
7	Oficina gerente de higiene y seguridad	300	12	6	36	0,22	1,73	52
8	Sala de capacitación	300	32	18	36	0,65	5,18	155,5
9	Kitchnette	100	7,5	2	36	0,07	0,58	17,28
10	Sala de conferencias y usos múltiples	300	32	18	36	0,65	5,18	155,5

11	Baño 1	200	6	2	36	0,07	5,18	17,28
12	Baño 2	200	6	2	36	0,07	5,18	17,28
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								761,24

*Tabla 179: Necesidades de iluminación en el sector administrativo*

Cocina-Comedor								
Sub-Sector	N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>l</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)	
1	Cocina-comedor	300	100	40	36	1,44	23,04	691,2
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								691,2

*Tabla 180: Necesidades de iluminación en el sector de comedor*

Vestidores								
Sub-Sector	N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>l</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)	
1	Vestidor Femenino	300	50	20	36	0,72	17,28	518,4
2	Vestidor Masculino	300	50	20	36	0,72	17,28	518,4
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								1036,8

*Tabla 181: Necesidades de iluminación en el sector de vestuarios*



Enfermería								
Sub-Sector		N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>i</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)
1	Sala de espera	300	24	12	58	0,70	5,60	134,40
2	Consultorio	300	12,25	6	58	0,35	2,80	67,20
3	Sala de primeros auxilios	300	19,25	9	58	0,52	4,16	99,84
4	Sanitario	300	9	4	58	0,23	1,84	44,16
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								345,60

Tabla 182: Necesidades de iluminación en el sector de enfermería

Zona de producción								
Sub-Sector	$N_i$ (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	$N_i$ (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)	
1	Oxidación	500	946	30	36	1,08	25,9	777,6
2	Recuperación de Catalizador	500	560	30	36	1,08	25,9	777,6
3	Hidrogenación	500	700	30	36	1,08	25,9	777,6
4	Ingresos y pasillos	300	68	30	36	1,08	25,9	777,6
<b>CONSUMO TOTAL EDIFICIO</b>								<b>3110,4</b>

*Tabla 183: Necesidades de iluminación en el sector de producción*

Zona de Control de calidad								
Sub-Sector	N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>i</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)	
1	Laboratorio	500	54	25	36	0,9	21,6	648
2	Oficina de supervisor	300	9	4	36	0,144	3,46	103,68
3	Baño	300	6	3	36	0,11	2,60	77,8
4	Ingreso y pasillos	300	68	34	36	1,22	29,37	881,28
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								1710,76

*Tabla 184: Necesidades de iluminación en el sector de Control de calidad*

Taller de Mantenimiento								
Sub-Sector	N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>i</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)	
1	Taller de Mantenimiento	300	80	30	36	1,08	25,92	777,6
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								777,6

*Tabla 185: Necesidades de iluminación en el sector de mantenimiento*

Zona de caldera y compresor								
Sub-Sector		N <sub>i</sub> (Lux)	Superficie (m <sup>2</sup> )	N <sub>l</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)
1	Sala de caldera	100	416	35	36	1,26	30,24	907,2
2	Sala de compresor	100	162	16	36	0,58	13,82	414,6
CONSUMO TOTAL EDIFICIO								1321,8

Tabla 186: Necesidades de iluminación en el sector de calderas y compresores

#### 13.4.2 Iluminación Exterior

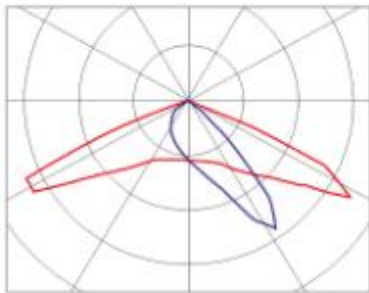
Se utilizan lámparas led modelo “Proyecto urbano WORK LED 90W Aluminio 4000K” (Código del producto: 77483 AL 4000K) de la marca Artelum.



Ilustración 165: Iluminación exterior

*Datos técnicos de la Luminaria*

Potencia	LM	Color	Apertura long.	L	A	h
60 w	6600	3000 a 6500K	138°	437	250	65
90 w	9900	3000 a 6500K	138°	601	260	65
120 w	13200	3000 a 6500K	138°	637	300	67



Eficiencia: 110lm/w  
 Óptica: Asimétrica vial larga  
 Vida útil: 30.000 hs.  
 Garantía: 3 años

Driver: ZH POWER ZH-HLB SERIE R  
 Clase: I  
 Eficiencia: >90%  
 Entrada: 90-265Vac / 50-60Hz  
 FP: >0.96 / THD: <10% (carga total)  
 Protección: OVP/SCP/OTP/4kV (pico)

*Ilustración 166: Datos técnicos de la luminaria*

Vía de circulación vehicular							
Sub-Sector	Distanciamiento entre columnas (m)	Altura de columna (m)	N <sub>l</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)
1 Carreteras	30	10	60	90	5,4	43,2	1296
<b>CONSUMO TOTAL CARRETERA</b>							<b>1296</b>

*Tabla 187: Luminarias externas en la vía de circulación*

Estacionamiento								
Sub-Sector		Distanciamiento entre columnas (m)	Altura de columna (m)	N <sub>l</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)
1	Motocicletas y bicicletas	30	10	10	90	0,9	14,4	432
2	Vehículos empleados							
3	Vehículos proveedores	30	10	3	90	0,27	4,32	129,6
CONSUMO TOTAL ESTACIONAMIENTO								561,6

Tabla 188: Luminarias externas en el estacionamiento

La siguiente tabla indica las necesidades de luminarias para los siguientes sectores de la planta:

- Zona de proceso.
- Zona de recepción y de almacenamiento de materia prima.
- Zona de depósito y despacho de producto terminado.
- Zona de columnas.
- Zona de Tanque de hidrógeno.
- Zona Torre de Enfriamiento
- Zona Tratamiento de Efluentes
- Zona exterior del resto de los edificios.

Varios								
ID	Sector	Distanciamiento entre columnas (m)	Altura de columna (m)	N <sub>i</sub> (cantidad de luminarias)	Potencia de la lámpara (W)	Potencia total (kW)	Consumo (kW/día)	Consumo mensual (kW)
	Varios	30	10	35	90	3,15	50,4	1512
CONSUMO TOTAL								1512

*Tabla 189: Luminarias externas varias*

Resumen			
Sector		Cantidad de luminarias (N <sub>i</sub> )	Consumo mensual total (kW/mes)
1	Interior	478	10072,2
2	Exterior	108	3369,6
CONSUMO TOTAL			13441,8

*Tabla 190: Total de luminarias necesarias*

### 13.4.3 Consumo de potencia de equipos

A continuación, se detalla la potencia consumida por cada uno de los equipos de la planta.

<b>Bomba</b>	<b>kW/h</b>	<b>kW/día</b>	<b>kW/mes</b>
<b>P-01</b>	37,28	894,72	26841,6
<b>P-02</b>	115,47	2771,28	83138,4
<b>P-03</b>	2,23	53,52	1605,6
<b>P-04</b>	74,5	1788	53640
<b>P-05</b>	22,35	536,4	16092
<b>P-06</b>	111,75	2682	80460
<b>P-07</b>	14,9	357,6	10728
<b>P-08</b>	74,5	1788	53640
<b>P-09</b>	1,11	26,64	799,2
<b>P-10</b>	11,17	268,08	8042,4
<b>P-11</b>	1,11	26,64	799,2
<b>P-12</b>	33,52	804,48	24134,4
<b>P-13</b>	9,31	223,44	6703,2
<b>P-14</b>	85,67	2056,08	61682,4
<b>P-15</b>	149	3576	107280
<b>P-16</b>	149	3576	107280
<b>P-17</b>	111,75	2682	80460
<b>P-18</b>	52,15	1251,6	37548
<b>P-19</b>	74,5	1788	53640



<b>P-20</b>	2,23	53,52	1605,6
<b>P-21</b>	37,25	894	26820
<b>P-22</b>	2,35	56,4	1692
<b>P-23</b>	1,49	35,76	1072,8
<b>P-24</b>	59,6	1430,4	42912
<b>P-25</b>	2,98	71,52	2145,6
<b>P-26</b>	0,745	17,88	536,4
<b>P-27</b>	2,607	62,568	1877,04
<b>P-28</b>	1,49	35,76	1072,8
<b>P-29</b>	9,31	223,44	6703,2
<b>P-30</b>	74,5	1788	53640
<b>P-31</b>	11,54	276,96	8308,8
<b>P-32</b>	44,7	1072,8	32184
<b>P-33</b>	2,23	53,52	1605,6
<b>P-34</b>	40,97	983,28	29498,4
<b>P-35</b>	29,8	715,2	21456
<b>P-36</b>	1,11	26,64	799,2
<b>P-37</b>	52,15	1251,6	37548
<b>P-38</b>	89,4	2145,6	64368
<b>P-39</b>	104,3	2503,2	75096

<b>P-40</b>	93,12	2234,88	67046,4
<b>P-41</b>	104,3	2503,2	75096
<b>P-42</b>	81,95	1966,8	59004
<b>P-43</b>	67,05	1609,2	48276
<b>P-44</b>	44,7	1072,8	32184
<b>P-45</b>	55,87	1340,88	40226,4
<b>P-46</b>	14,9	357,6	10728
<b>Motores de equipos</b>			
<b>R-101</b>	74,57	1789,68	53690,4
<b>T-107</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>CR-101</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>CR-102</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>CR-103</b>	22,37	536,88	16106,4
<b>D-101</b>	0,56	13,44	403,2
<b>S-101</b>	132	3168	95040
<b>T-201</b>	29,8	715,2	21456
<b>CR-201</b>	44,7	1072,8	32184
<b>CR-202</b>	44,7	1072,8	32184
<b>S-201</b>	132	3168	95040
<b>D-201</b>	0,56	13,44	403,2

<b>F-301</b>	37,28	894,72	26841,6
<b>R-301</b>	11,18	268,32	8049,6
<b>S-301</b>	5,5	132	3960
<b>V-01</b>	16,77	402,48	12074,4
<b>V-02</b>	2524,45	60586,8	1817604
<b>V-03</b>	1128,44	27082,56	812476,8
<b>GA-01</b>	145	3480	104400
<b>GA-02</b>	145	3480	104400
<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>6725,9</b>	<b>161421,6</b>	<b>4842649,44</b>

Tabla 191: Consumo de potencia de equipos

## **Capítulo XIV**

### **14 SEGURIDAD INDUSTRIAL**

## 14.1 Introducción

La seguridad e higiene industrial es un conjunto de medidas que se aplican con el fin de prevenir accidentes laborales y minimizar sus consecuencias. La higiene y seguridad industrial brinda la posibilidad de organizar y planear diferentes formas de protección.

Actualmente, las empresas, contratan y forman profesionales en el área de seguridad e higiene industrial lo cual les brinda la posibilidad de organizar y planear diferentes formas de protección para los trabajadores en sus tareas diarias y para la seguridad de la empresa en general.

Dentro de las medidas de seguridad e higiene industrial, se encuentran el buen mantenimiento y controles exhaustivos de calidad sobre los elementos de protección personal.

En esencia, el aspecto central de la higiene industrial y la seguridad laboral es la protección de la vida y la salud del trabajador, el entorno familiar y el desarrollo de la comunidad.

Los procedimientos de higiene y cobertura industrial cubren la identificación, evaluación y control de los agentes nocivos y los factores de riesgo en el lugar de trabajo y, en determinadas circunstancias, la modificación de la integridad física y psicológica del lugar de trabajo de las personas.

Estos procedimientos son legales y protegen al trabajador de su lugar de trabajo porque también existen riesgos en el hogar como en todos los servicios públicos: salud ocupacional, ergonomía, control ambiental, higiene y seguridad industrial.

## 14.2 Legislación Industrial

La legislación industrial resulta de conocimiento y consulta imprescindibles para el ingeniero que intervenga en proyectos industriales. La legislación industrial condiciona de manera decisiva el diseño de una planta de producción.

El objeto común a toda legislación industrial está en la seguridad de personas, bienes y medio ambiente.

El desarrollo del diseño de la Planta de Producción de Ácido Tereftálico, se basa en el panorama legislativo vigente en nuestro país, en lo que respecta a seguridad industrial; esto es:

- Ley (Decreto Ley) 19.587/1972 de Higiene y Seguridad en el Trabajo (B.O. 28/04/1972)
- Ley de riesgos de trabajo N°24557 (B.O. 04/10/1995)
- Ley 26.941: Marco legal de la actividad actoral. Artículo 15: Aplicación del régimen previsto por la Ley sobre Riesgos del Trabajo 24.557, sus modificatorias y complementarias. (B.O. 26/11/2015)
- Ley 27.348 Complementaria de la Ley sobre Riesgos del Trabajo. (B.O. 24/02/2017).

Y, en las recomendaciones y exigencias establecidas por organizaciones internacionales que se ocupan de la seguridad industrial.

### 14.3 Política de higiene y seguridad.

La política de la empresa en materia de higiene y seguridad se basa en establecer un lugar de trabajo seguro y sano integrando todas las áreas de la planta para trabajar en conjunto y obtener una mejor calidad de vida con el fin de contribuir a un desarrollo seguro y sostenible desarrollando las prácticas necesarias respecto a la seguridad e higiene industrial.

La gerencia se compromete a generar conciencia sobre la importancia de los aspectos que incluye una planta segura en el personal involucrado en todas las secciones del establecimiento trabajando con las legislaciones que rigen la higiene y seguridad. Esta conciencia deberá derivar, en última instancia, en un fuerte compromiso por parte del personal hacia las prácticas seguras y responsables.

Las intenciones globales respecto a lo relacionado con salud, seguridad y medio ambiente es lograr un nivel de accidentes y de contaminación ambiental nulos y por lo tanto se involucrará a la totalidad del personal que conforma la empresa haciéndolos responsables a todos de poder llevarla adelante.

#### 14.4 Gestión de Higiene y Seguridad

Para llevar a cabo todo tipo de actividades y cuestiones relacionadas con la higiene y seguridad de la planta, se forma un Departamento de Higiene y Seguridad, los cuales asumirán la responsabilidad sobre las mismas.

El departamento de higiene y seguridad será el encargado de proteger la vida, y preservar y mantener la integridad, tanto psicológica como física, de los trabajadores y de las personas que se encuentren vinculadas con el ciclo de vida del producto; también es de su incumbencia las prácticas relacionadas con la protección del medio ambiente, tanto interno como externo. Para lograr todo esto, los responsables deberán involucrarse íntimamente con el proceso productivo.

El área de higiene y seguridad se encargará de la anticipación, identificación, evaluación y control de riesgos que se originen en el ámbito de trabajo o en relación con él.

##### 14.4.1 Estructura del departamento de higiene y seguridad.

La estructura de la empresa, departamento y personal, está conformada según lo establecido en el capítulo Organización de la empresa, donde se detalla el organigrama de toda la planta.

##### 14.4.2 Responsabilidades del departamento de higiene y seguridad.

Las responsabilidades de los miembros del departamento de higiene y seguridad, al igual que su estructura, se exponen en el capítulo antes mencionado; siempre respetando la ley vigente.

A su vez, los mismos, deben realizar e implementar un sistema de reglamentaciones general y particulares que conformaran el Manual de Higiene y Seguridad de la planta y se dividirá en sectores en función de las distintas actividades de la misma.

Dicho Manual seguirá como guía las recomendaciones y exigencias internacionales, adaptadas a las características del país y por lo tanto, las disposiciones propias de la empresa y específicas de la actividad, estarán en concordancia con la legislación vigente nacional e internacional.

Es responsabilidad del gerente del departamento cerciorarse de que todos los empleados conozcan los puntos del manual y es responsabilidad de los trabajadores cumplir con estas reglamentaciones.

Cualquier incumplimiento será sancionado y dichas sanciones serán previamente establecidas por el departamento de higiene y seguridad junto con la gerencia de la empresa.

#### 14.5 Seguridad en el diseño

Todas las áreas de la ingeniería de diseño deben satisfacer las reglamentaciones específicas de seguridad, así como códigos y recomendaciones.

##### 14.5.1 Proceso

Los profesionales deben remarcar las áreas de proceso en donde los riesgos potenciales exceden a las expectativas normales de riesgo en la planta.



PROCESO
Temperaturas máximas y mínimas.
Presiones máximas y mínimas.
Reacciones peligrosas.
Materiales tóxicos y peligrosos.
Materiales corrosivos.

*Tabla 192: Riesgos Potenciales*

El proceso productivo de ácido tereftálico se detalla en el capítulo “Selección y descripción del proceso de producción”. En dicho capítulo se detallan las condiciones de proceso, destacándose aquellas que significan mayores riesgos. Allí se encuentran también algunas de las medidas tenidas en cuenta, como por ejemplo el material de construcción de cada equipo, o las presiones y temperaturas de diseño a tener en cuenta; las demás consideraciones se desarrollan a lo largo de todo el proyecto según el área que corresponda.

Al final del presente capítulo se encuentran las planillas de datos de seguridad de todas las sustancias que se manipulan durante la producción, ya sea que se trate de materias primas, productos, insumos o subproductos.

#### 14.5.2 Diseño de equipos

Las recomendaciones para el diseño detallado de los equipos deben ser semejantes a las hechas para el diseño del proceso.

## DISEÑO DE EQUIPOS

Temperaturas máximas de diseño.

Presiones máximas de diseño.

Protecciones frente a partes móviles del equipo.

Aislamiento acústico.

Aislamiento térmico.

Aislamiento para protección personal.

Soportes a prueba de fuego.

*Tabla 193: Consideraciones a la hora de diseñar equipos*

Los equipos utilizados en el proceso de producción de Ácido Tereftálico se encuentran detallados en el capítulo “Diseño y adopción de equipos” en donde se encuentran las medidas tenidas en cuenta respecto a higiene y seguridad al momento de adoptar el tipo de equipo a utilizar; las demás consideraciones se desarrollan a lo largo de todo el proyecto según el área que corresponda.

### 14.5.3 Metalurgia

El principal responsable de esta área será, dentro del equipo de diseño, un especialista en metalurgia.

METALURGIA
Elección de materiales.
Tolerancias de corrosión.

*Tabla 194: Consideraciones en el área de metalurgia*

Los materiales de construcción de los equipos correspondientes a la producción de Ácido Tereftálico se encuentran detallados en el capítulo “Diseño y adopción de equipos”.

#### 14.5.4 Obras civiles y estructurales

Los edificios deben satisfacer códigos locales y nacionales de construcción que incluyen requerimientos específicos de seguridad.

Algunos equipos necesitan de instalaciones especiales estructurales y por ende también deben satisfacer normas determinadas. Estas instalaciones se describen en el capítulo “Obras Civiles”. A continuación se describen las consideraciones en el área de obras civiles:

- Seguridad en espacios interiores.
- Materiales de construcción.
- Seguridad en materiales de construcción.
- Sectorización de la planta.
- Emplazamiento de edificios.
- Cargas de diseño para equipos y tuberías.
- Protección contra el fuego de las estructuras.
- Caminos interiores.

#### 14.5.5 Electricidad

Los códigos nacionales y locales para la instalación y diseño incluyen también aspectos eléctricos de seguridad.

La instalación eléctrica, equipos y conexiones de la planta de producción de Ácido Tereftálico se encuentra detallada en el capítulo “Instalaciones Eléctricas”. Allí se encuentran las medidas tenidas en cuenta en lo que respecta a la higiene y seguridad de la planta al momento de hacer este tipo de instalaciones.

ELECTRICIDAD
Protección frente a fallos.
Puesta a tierra.
Protección de los cables contra el fuego.
Generación de energía de emergencia.

*Tabla 195: Seguridad en la electricidad*

#### 14.5.6 Protección contra incendios

Toda planta de proceso debe tener un sistema adecuado de protección contra incendios siendo la intensidad de protección controlada según los procesos y los materiales que se usen.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
Sistemas de agua contra incendios.
Sistemas de agua de reserva.
Mangueras, hidrantes y monitores contra incendios.
Extintores contra incendios.
Alarmas de incendio.

*Tabla 196: Seguridad contra incendios*

La protección contra incendios es una tarea interdisciplinaria que contempla todas las áreas de diseño, comprende tanto factores técnicos como humanos, y es responsabilidad del director de proyecto asegurarse de que dicha protección este contemplada en el diseño y posteriormente en la práctica.

#### 14.6 Seguridad en la construcción de la planta

En la etapa de construcción de instalaciones se materializan los proyectos generados en la etapa de diseño.

La misma será ejecutada por una empresa, personal ajeno a la propia empresa industrial, contratada a tal fin. Esto proporciona características particulares a la consideración de la seguridad en la construcción de las instalaciones.

En la seguridad en la construcción se tendrán que considerar dos factores por separado:

- **Seguridad en los propios trabajos de construcción**

La dispersión de mandos y responsabilidades que se deriva de la actuación de la empresa contratista dentro del ámbito de la empresa propietaria obliga a una coordinación adecuada de información, actuación y mando; esto incluye:

- Notificación de los procedimientos de seguridad en la construcción a los contratistas.
- Emisión y control de permisos para la ejecución de trabajos de cierta peligrosidad.
- Nombramiento de uno o varios supervisores de seguridad con atribuciones para emitir y controlar los permisos, así como para detener los trabajos en caso oportuno y hasta que se adopten las medidas de seguridad pertinentes.
- Aseguramiento eficiente y fehaciente por los contratistas sobre los riesgos de accidente y de daños a terceros.
- Consideración de todos los riesgos derivados de los propios trabajos y del entorno en que se llevan a cabo los mismos.
- **Seguridad y control de calidad en la construcción**

La calidad de la obra ejecutada y la fidelidad a un diseño correcto influyen de manera importante en la seguridad de la operación y mantenimiento futuro de las instalaciones. Por lo tanto, un control cuidadoso de la calidad se convierte en un complemento imprescindible para un proyecto bien hecho.

#### 14.7 Seguridad en la puesta en marcha

El proceso de puesta en marcha de la planta es considerado peligroso debido a que se trata de una planta recién construida. En este punto todo el equipo es nuevo y puede ser que durante el diseño no se hayan descubierto errores o materiales inadecuados a lo cual, se suma que los operarios no estarán aún familiarizados con la distribución de la planta y la operación de la misma.

Es por estas razones que las pruebas y la puesta en marcha definitiva serán llevados delante de forma lenta y cada parte del sistema será probado independientemente. Después de que todos los sistemas han sido comprobados detalladamente utilizando fluidos no peligrosos y la planta esté en una situación no peligrosa, entonces, se introducirán los materiales peligrosos lentamente y de forma secuencial en la planta.

Antes de llevar a cabo esta última etapa, para asegurar que se han tomado todas las precauciones debidas durante el diseño y la construcción, el especialista en higiene y seguridad realizará un chequeo general de todos los sectores de la planta.

#### 14.8 Seguridad en la operación

La seguridad en la operación tiene que ver con seguir una continuidad de la seguridad en el diseño; ya que la probabilidad de que un incidente peligroso ocurra no depende únicamente de las características técnicas del proceso y de los controles de seguridad, sino también de aspectos operativos y organizativos del control de riesgos tales como son las actitudes de los mandos y de los operarios, de los errores humanos, de un mantenimiento inadecuado, del conocimiento y comprensión escasos por los operarios.

#### 14.9 Seguridad en el mantenimiento

Llevando a cabo todo lo que se ha propuesto y diseñado hasta el momento en el capítulo, se obtendría una cobertura preventiva excepcional si las instalaciones se mantuvieran de forma indefinida el estado de inicio de actividad.

Debido a las agresiones (desgastes, corrosiones, envejecimientos) que sufren diferentes partes de la instalación por su uso, tiempo y por la acción de factores internos y externos, se pueden producir averías que originan condiciones inseguras. Es por ello evidente que el mantenimiento eficaz contribuye a la seguridad de instalaciones y operaciones de manera importante.

En la planta se implementarán dos tipos de mantenimiento, los cuales se complementan entre sí; estos son:

- **Mantenimiento correctivo:** Intervención correctora de las averías con rapidez, eficiencia y precauciones (seguridad en la propia acción correctora). Para este tipo de mantenimiento es que se dispondrá de una cantidad determinada de repuestos en existencia.

- **Mantenimiento preventivo:** Se efectuarán inspecciones periódicas de todos los elementos de las instalaciones, con frecuencias mínimas o ajustadas a los análisis de averías, con el fin de que la reparación o sustitución de aquellos se efectúe antes de que la avería se genere. Cuando la avería pueda llegar a tener consecuencias serias para la seguridad, el mantenimiento preventivo será obligatorio.

El mantenimiento de la planta estará a cargo de personal especializado en el tema según lo establecido en el capítulo “Organización de la empresa”.

#### 14.10 Seguridad en prevención, defensa y actuación

Debido a causas imprevisibles o de fuerza mayor, y a no efectuarse la prevención con una eficiencia total, debe aceptarse que el riesgo pueda manifestarse en forma de incidentes, accidentes o siniestros.

Lo realizado hasta aquí no quedaría completo si no estuviera el agregado de prevención, defensa y actuación frente a siniestros, en particular frente al fuego, lo que es de destacar debido a las características del proceso productivo (equipos y sustancias).

##### 14.10.1 Orden y limpieza

El mantenimiento técnico de las instalaciones se debe complementar con la limpieza general de la planta, la que estará a cargo del personal de limpieza.

Además de los trabajos de limpieza general, se instruirá a cada empleado sobre la responsabilidad que cabe a cada uno sobre el mantenimiento del orden y la limpieza en su puesto de trabajo; esta capacitación estará comprendida dentro de la capacitación de personal sobre seguridad e higiene que se realizará.



### 14.10.2 Señalización

La señalización adecuada en los distintos ambientes de trabajo es fundamental tanto para mejorar las condiciones laborales, así como para actuar en forma rápida, organizada y eficaz frente a una situación de riesgo.

El realizar una campaña de señalización en la empresa es un complemento que tiende a evitar o reducir la cantidad de accidentes.

Al respecto, la legislación establece las señales que deben estar presentes en la industria. Las mismas pueden ser ópticas, acústicas, olfativas o táctiles.

Las ópticas son aquellas que resultan de la combinación de una forma geométrica, un color y un símbolo o pictograma, atribuyéndoseles un significado determinado. Cada color y forma posee un significado propio a fin de que las distintas personas puedan identificarlas, y son estas las principales señales que se utilizarán en la planta.

A continuación, se muestran las señales que se pueden llegar a visualizar en la planta industrial y lo que representa cada una de estas señales.

- SEÑALES DE INFORMACIÓN

Proporciona información necesaria para realizar una tarea determinada y para informar de los peligros que pueden existir en un determinado lugar de trabajo.



Botiquín: esta señal informa donde está situado el botiquín por si se sufre algún tipo de lesión, debe estar completo para poder curar lesiones de poca gravedad.



Flecha abajo: esta señal indica las posibles salidas de socorro; pueden estar situadas en cualquier lugar de la fábrica y en cualquier dirección.



Salida: Esta señal indica cual es la salida de emergencia o socorro.

- SEÑALES DE ADVERTENCIA

Indican algún peligro que se puede tener o algo que puede ocurrir si no se va con precaución; advierten de algún peligro.



Alta tensión: esta señal indica que existe riesgo de que pase por el cuerpo una tensión muy elevada y genere como consecuencia la muerte.



Atención: esta señal indica que manejarse con precaución porque existe algún tipo de riesgo; sin embargo, no especifica el riesgo a que se está expuesto.



Vehículo industrial: esta señal indica la presencia de algún vehículo industrial en el lugar en que se está.



Riesgo tóxico: esta señal indica la presencia de sustancias tóxicas en el ambiente laboral



Riesgo cáustico: esta señal indica la presencia de sustancias corrosivas en el ambiente laboral.



Riesgo de incendio: esta señal indica que puede provocarse un incendio muy fácilmente.



Riesgo de explosión: esta señal indica que puede provocarse una explosión muy fácilmente.



Riesgo eléctrico: esta señal indica que en lugar hay corriente eléctrica, y por lo tanto, peligro de descarga.

- **SEÑALES DE PROHIBICIÓN**

Indican aquellas cosas que no se pueden realizar, que están prohibidas. Estas señales tienen especial importancia ya que impiden el acceso o la realización de algún acto en un lugar para que no se corran riesgos.



PROHIBIDO  
APAGAR  
CON AGUA

Prohibido apagar con agua: esta señal indica que no se puede apagar el fuego con agua, ya que podría producirse algún daño humano o material.



PROHIBIDO  
BEBER AGUA

Prohibido beber agua: esta señal indica que no se puede beber agua, ya que podría estar contaminada, pudiendo ser apta para uso industrial pero no humano.



PROHIBIDO  
EL PASO  
DE PEATONES

Prohibido el paso de peatones: esta señal indica que está prohibido el paso de peatones por la zona, ya que se corren riesgos de algún accidente.



PROHIBIDO  
FUMAR

Prohibido fumar: esta señal indica que está prohibido fumar en el lugar, ya que el fumar puede generar un siniestro.



Prohibido fumar y encender fuego: esta señal indica que además de estar prohibido fumar en el lugar, también está prohibido hacer fuego, ya que ambos pueden generar un siniestro, y como consecuencia daños irreparables.



Prohibido el acceso sin autorización: esta señal indica que no se puede acceder a la zona, y que el ingreso está restringido para la entrada solo de personal autorizado.

- SEÑALES DE OBLIGACIÓN

Proporciona información acerca de lo que se debe cumplir en forma obligatoria en el lugar de trabajo o en un lugar específico.



Uso de calzado de seguridad: esta señal informa que es obligatorio llevar el calzado apropiado para el lugar.



Uso de casco: esta señal informa que es obligatorio llevar casco.



Uso de guantes: esta señal informa que es obligatorio el uso de guantes



Uso de protección contra caídas: esta señal informa que es obligatorio llevar algo que haga de protección contra caídas de gran altura.



Uso de protección del cuerpo: esta señal informa que es obligatorio el uso de un mono para trabajar.



Uso de protección de oídos: esta señal informa que es obligatorio el uso de alguna protección auditiva.



Uso de protección de la vista: esta señal informa que es obligatorio el uso gafas para protección de los ojos.



Uso de protección facial: esta señal informa que es obligatorio el uso máscara para la cara.



Vía obligatoria para peatones: esta señal indica que el lugar en el que se está o se va a transitar es exclusivo para peatones y que ningún tipo de transporte puede circular por el mismo.



- SEÑALES DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Proporciona información sobre elementos de lucha contra incendios.



Boca de incendio: esta señal indica donde está situada la boca de incendio más próxima.



Extintor: esta señal indica donde está ubicado el extintor más próximo; la flecha indica que el extintor se encuentra debajo de ella.

Deberán también demarcarse las zonas de proceso con franjas de color amarillo que indiquen dirección y sentido de circulación en pasillos y caminos. Así también, las zonas de circulación de operarios, transportadores y equipos de emergencia. Es necesario destacar en todos los casos los cruces, desviaciones u obstáculos donde puedan encontrarse elementos de transporte y contarán con indicación del peligro mediante franjas anchas de color amarillo.

El pintado de cañerías cumplirá con los requisitos establecidos en la Norma IRAM 2507.

Pintado de Cañerías (Norma IRAM 2507)			
COLOR	IRAM		SIGNIFICADO
Naranja Internacional	02-1-040		Vapor de agua.
Verde Claro	01-1-120		Agua fría
Amarillo	05-1-020		Combustibles líquidos y gases.
Bermellón	03-1-080		Elementos de protección c/ incendios
Gris Industrial	09-1-060		Productos inofensivos
Castaño	07-1-120		Vacío
Azul Industrial	08-1-070		Aire comprimido
Negro	11-1-060		Electricidad
Verde Claro con franjas Naranja Internacional			Agua caliente
Gris Industrial con franjas Naranja Internacional			Productos peligrosos

*Ilustración 167: Colores de Cañerías según Norma IRAM 2507*

Otro tipo de señalización implementada para la seguridad de los empleados, en este caso de carácter temporal, serán las Tarjetas de Seguridad. Dichas tarjetas son cartones troquelados divididos en tres partes: una que se pone en un lugar visible del equipo que se está reparando, otra que la retiene el solicitante y la tercera que se coloca en el tablero principal. Con esta última se obtiene la habilitación de la máquina intervenida, por lo que esta tarjeta es la indicadora del peligro, ya que la presencia de la tarjeta ubicada en cualquier circuito o mecanismo (válvulas, interruptores, botoneras, etc.) indica que el equipo no debe ser operado bajo ningún concepto.

Si un mismo equipo o máquina está siendo atendida por varios sectores de la planta, cada uno de ellos colocará su propia Tarjeta de Seguridad.

Las tarjetas estarán a disposición de los solicitantes en las oficinas de mantenimiento y en la oficina de higiene y seguridad, esta última también será la responsable de generar nuevas tarjetas.

A continuación, se muestra un modelo típico de tarjeta de seguridad.

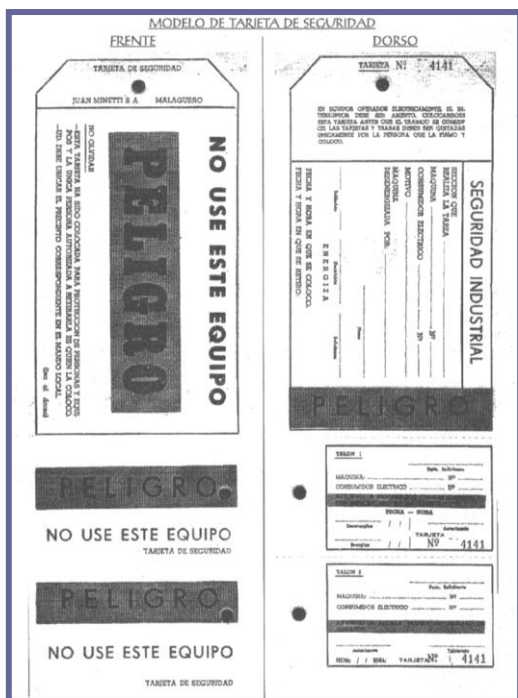


Ilustración 168: Representación de tarjeta de seguridad

### 14.10.3 Protección colectiva

La protección colectiva la constituyen todas las medidas de protección pasiva consideradas en las diversas áreas; aquí a modo de resumen, se detallarán los equipos y agentes extintores existentes en la planta.

El tipo de equipo a utilizar dependerá del tipo de fuego que se pueda llegar a generar de acuerdo a las sustancias manipuladas.

### EQUIPOS DE EXTINTORES

Equipo protector y campo de aplicación:



Matafuego manual.



Matafuego manual y rodante.



Matafuego móvil.

En la figura a continuación se muestra la forma correcta de instalar un matafuego. Se deben colocar en lugares visibles, con fácil acceso, de forma que se puedan tomar rápidamente en caso de incendio.

Se debe evitar lugares oscuros de difícil visualización.

Por general los matafuegos son instalados sobre una pared o columna a través de un soporte fijado a la misma sobre el cual se cuelga el equipo. Detrás del matafuego se deberá emplazar la correspondiente chapa baliza, que sirve para indicar la ubicación del mismo y las clases de fuego para los cuales son apto.

El equipo debe estar instalado de tal forma que la placa de accionamiento de la válvula quede a 1,70 metros del piso; en el mismo deberá pintarse una bandada de color rojo de 5 cm de ancho, dejando 20 cm a cada lado del matafuego y extendiéndola hasta 50 cm de pared. Además, se colocarán carteles indicadores por sobre la chapa baliza a una altura tal que sea advertido a la distancia y por sobre los objetos circundantes que pueden obstaculizar la visual del equipo.

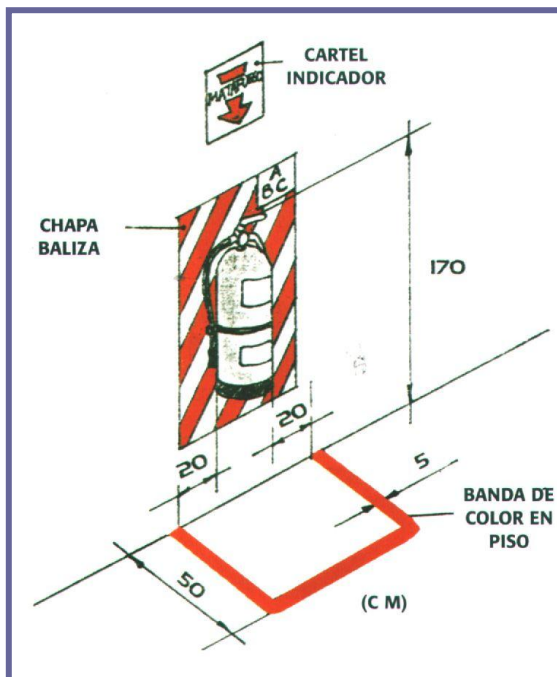


Ilustración 169: Representación de zona contra incendios

#### 14.10.4 Protección individual

En las plantas industriales, no es suficiente la protección colectiva, además cada trabajador debe constar de una protección personal que sea inherente a la tarea específica que realiza. El equipo adecuado será aquel que brinde la mejor protección en cada caso y que resulte de mayor comodidad.

Se respetará lo que establece la legislación en relación a la protección personal de los trabajadores.

Es importante recordar que los elementos de protección personal no eliminan los riesgos, solo los minimizan, teniendo cada elemento limitaciones de uso.

Dichos elementos, no son intercambiables con los demás trabajadores de la planta y se debe limpiar y desinfectar el equipo, inspeccionarlo periódicamente, y almacenarlo en forma adecuada.

La función básica de un equipo de protección personal es la de establecer una barrera entre el usuario del equipo y el producto agresivo. La elección de la protección estará determinada por la peligrosidad del agente, el tiempo de exposición, el nivel de contacto.

A continuación, se muestran, según la zona del cuerpo a proteger, el equipo de protección que será utilizado por el trabajador; luego se resumen cuáles de ellos llevará cada empleado según el puesto de trabajo. La norma IRAM que establece las características de cada elemento de protección personal dependerá no solo del elemento de protección específico, sino también de las características apropiadas que se requieran para cada trabajador en particular.

- PROTECCIÓN CORPORAL

Elemento protector y campo de aplicación

La ropa de trabajo utilizada tendrá las siguientes características:

Será de tela flexible, permitiendo una fácil y rápida limpieza y desinfección de la misma en forma adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.

Ajustará bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.

Siempre que las circunstancias lo permitan las mangas serán cortas, y cuando sean largas ajustarán adecuadamente.

Se eliminarán o reducirán en lo posible elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, y cordones; por razones higiénicas y para evitar enganches.

Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional, como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos.

En ocasiones especiales la ropa de trabajo será de tela impermeable, incombustible, de abrigo resistente a sustancias agresivas; y siempre que sea necesario, se dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chalecos, fajas, cinturones anchos y otros elementos que puedan ser necesarios.



- PROTECCIÓN CRANEAL

Elemento protector y campo de aplicación

El casco de seguridad se utilizará siempre que las condiciones de trabajo obliguen a ello por la existencia de riesgo de caída del operario o de materiales sobre él o contacto eléctrico. Su uso es personal y obligatorio y se cambiará al sufrir algún impacto violento. Con el casco de seguridad el trabajador se protege de:

Caídas de objetos.

Golpes en la cabeza.

Proyección violenta de objetos.

Contactos eléctricos.

- **PROTECCION OCULAR Y/O FACIAL**

Elemento protector y campo de aplicación.



Cuando haya riesgo para los ojos, por proyecciones o salpicaduras, es obligatorio el uso de gafas o pantallas de seguridad adecuadas. La protección y revisión de los ojos son primordiales para disminuir los accidentes laborales fundamentalmente en el uso de



máquinas y herramientas, líquidos y equipos de aire comprimido y soldadura. Por lo tanto, se debe utilizar protección ocular o facial si está expuesto a:

Proyección de partículas sólidas y/o líquidos.

Exposición a radiaciones nocivas (soldadura oxiacetilénica o eléctrica, etc.).

Exposición a atmósferas contaminadas.

Tipos de protectores:

Anteojos de seguridad.

Antiparras.

Protectores faciales.

Protectores oculares y/o faciales para trabajos de soldadura y corte con sus cristales filtrantes específicos y cubiertas completas o capuchones.

- PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Elemento protector y campo de aplicación.



Se debe utilizar protección respiratoria cuando la concentración de polvo, de diferentes gases y/o vapores presentes en el aire superen los valores estipulados en la legislación vigente. Su elección dependerá del tipo de contaminante, el tiempo de exposición y las características del trabajo a realizar. Así tendremos que emplear un filtro de retención (para partículas sólidas), de retención química (material gaseoso y vapores) o uno de retención combinada. De acuerdo

al grado de protección requerido utilizaremos barbijos, semi máscaras, máscaras o equipos autónomos.

En todos los casos asegúrese que, la máscara se adapte bien a su rostro (no use barba); los elementos o cartuchos filtrantes se encuentren en buen estado y hayan sido inspeccionados regularmente.

Se puede hacer una clasificación de la siguiente manera.

Dependientes del medio ambiente:

Barbijos.

Respiradores.

Mascara facial.

Independientes del medio ambiente:

Equipo autónomo portátil (utilizan filtros) de circuito cerrado o de circuito abierto.

Equipo de succión (suministra aire) pulmonar o forzado.

Equipo de aire comprimido provenientes de cilindro o provenientes de compresor.

#### ● PROTECCIÓN DE PIES

Elemento protector y campo de aplicación.



Los zapatos de seguridad son de uso obligatorio. Ellos protegen de:

Caída de elementos pesados y objetos punzantes.

Pinchaduras.

Cables o conexiones eléctricas expuestas.

Manipulación de productos químicos o hidrocarburos.

Nunca utilice zapatillas o sandalias.

Tipos:

Zapatos.

Botines.

Botas de seguridad (con puntera y/o suela de acero).

Para el caso de los electricistas, sólo en el caso de trabajar bajo tensión, zapatos dieléctricos (sin puntera y/o suela de acero ni hojalillos de acero). Si no se trabaja bajo tensión eléctrica, se recomienda utilizar los descritos en el punto anterior, ya que los riesgos enunciados más arriba pesan más que un peligro de electrocución.

Los pantalones y mamelucos no deben ser largos ni poseer botamangas.

No guarde en sus bolsillos herramientas con punta: utilice siempre el portaherramientas y guarde las herramientas con las puntas hacia abajo.

Use polainas de cuero cuando deba trabajar con motosierras o guadañas, estas herramientas pueden afectar sus miembros inferiores.

- PROTECCIÓN DE MANOS Y/O BRAZOS



Se deben utilizar guantes de seguridad de acuerdo al tipo de tarea que se vaya a emprender.

Se los debe utilizar cuando se esté expuesto a peligros tales como:

Contacto con sustancias peligrosas.

Cortes y raspaduras severas.

Quemaduras químicas o térmicas.

Trabajar con circuitos eléctricos o cerca de ellos (en este caso los guantes deben ser dieléctricos).

Además, tener en cuenta que:

Se debe mantener las manos alejadas de cualquier carga en movimiento.

Nunca atar el cable guía de una carga al cuerpo o a las manos.

Si está trabajando con máquinas-herramientas no utilice anillos ni pulseras.

Para clavar un elemento a golpes de maza, sostener a éste con alguna pinza o soporte para no golpearse las manos.

- PROTECCIÓN AUDITIVA



Si se llevan a cabo operaciones que generan un nivel de ruido elevado es necesario hacer uso de protecciones auditivas. Usarlas correctamente rebaja el nivel de ruido que llega al oído y consiguientemente el nivel del riesgo de lesión. Para que resulten eficaces, los protectores auditivos deben ser llevados durante todo el tiempo que dure la exposición. Deben ser utilizados si el nivel sonoro equivalente supera los 85 dBA o, por ejemplo, si una persona que está a menos de 1 metro no lo escucha por el nivel de ruido existente.

Tipos más comunes de protección auditiva:

**Insertores:** Se insertan dentro del conducto auditivo externo. Su nivel de atenuación oscila en el rango de los 25 db.

**Cobertores o de Copa:** Cubren todo el pabellón de oído y la zona ósea. El nivel de atenuación es de hasta 45 db.

**Desechables:** Son aquellos que duran solo una jornada de trabajo y luego de usarlo se tiran. Se fabrican de lana, algodón, cera, etc.

- PROTECCIÓN EN ALTURA



Se debe utilizar cinturón o arnés de seguridad cuando se trabaje en techos, azoteas y en todo lugar que no cuenten con barandas perimetrales, cuando se realice tareas en andamios, durante el montaje y desmontaje de éstos, cuando se trabaje en armaduras de acero en altura, o en silletas y cuando se efectúe todo tipo de tareas por encima de 1,8 m sin baranda de protección. También cuando el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad, el empleador o la ART lo consideren necesario.

El sistema anti caídas debe ser amarrado a un elemento resistente, revisándose frecuentemente el elemento de amarre y el mosquetón. No se deberá iniciar el trabajo sin este requisito.

#### 14.10.5 Selección y capacitación

Con el propósito de complementar las medidas técnicas implementadas en la empresa y con el fin de que las normas de uso interno sean aplicadas en forma correcta, la empresa seleccionará los empleados de acuerdo a sus aptitudes físicas y psíquicas y desarrollará programas de capacitación para adiestrar a todo el personal sobre lo concerniente a higiene y seguridad en los puestos de trabajo y en la planta en general.

Por lo tanto, la selección e ingreso de personal la efectuarán en forma conjunta y coordinada el departamento de higiene y seguridad, los servicios de medicina y otras dependencias relacionadas. Esto se hará teniendo en relación con los riesgos de las respectivas tareas, operaciones y manualidades profesionales.

En cuanto a la capacitación del personal, se lo adiestrará basándose en material educativo gráfico, medios audiovisuales, avisos y carteles.

El adiestramiento se realizará de la siguiente forma:

- Cursillos teóricos:
  - a. Operaciones.
  - b. Seguridad general.
  - c. Defensa contra incendios (prevención y extinción).
  - d. Primeros auxilios.
  - e. Planes de emergencia.
  - f. Mantenimiento.
- Entrenamiento práctico:
  - a. Ejercicios de extinción contra el fuego.
  - b. Simulacros de emergencia.
  - c. Simulacros de primeros auxilios.

Las jornadas de capacitación se realizarán en todos los niveles jerárquicos de la empresa.

La empresa hará acuerdos con la compañía de seguros, para que sea esta quien, a través de medios y personas puestos a tal disposición, sea la encargada de impartir los cursillos y el entrenamiento relativos a la seguridad.

#### 14.10.6 Servicio de medicina laboral

La Ley N.º 19587 impone a los empleadores y a los trabajadores en general, la obligación de cumplir con la normativa vigente sobre higiene y seguridad en el trabajo. En lo que respecta a servicio de medicina, se respetará lo establecido en los artículos correspondientes, a saber:

- Servicio de medicina.
- Exámenes médicos.
- Responsabilidad de asesoramiento (higiene y seguridad en los ambientes laborales).

La peligrosidad de las sustancias que se manipulan en el proceso de producción de ácido tereftálico, hace que sea indispensable contar con un servicio de medicina laboral interno, el cual garantiza las prestaciones mínimas y permite una acción inmediata en caso de emergencias y accidentes.

El servicio será desarrollado por profesionales médicos contratados por la empresa. Los mismos deberán cumplir con los requisitos de la especialidad laboral, además deberán justificar su condición con el registro que los habilita.

La empresa constará de una sala con un botiquín de primeros auxilios y se capacitará a los trabajadores sobre el manejo del mismo y cómo reaccionar ante los posibles accidentes relacionados con las sustancias que se manejan en la industria. Para accidentes de mayor envergadura la empresa cuenta con una enfermería.

#### 14.10.7 Parada de planta

Frente a una emergencia puede llegar a ser necesario la parada de planta y para poder llevarla a cabo todos los equipos de la misma tendrán dispositivos automáticos que aseguren la interrupción del suministro de fluido cuando se produzca alguna anomalía y la planta completa cesará su actividad en caso de que se inicie un incendio.

#### 14.10.8 Procedimiento de extinción

Al descubrirse un incendio se procederá del siguiente modo y en el orden que se establece:

1. Ubicar el foco del incendio.



2. Alejar materiales explosivos, inflamables o combustibles del lugar del incendio.
3. Determinar qué material se quema para proceder a apagar el fuego con los elementos apropiados.
4. Establecer la proporción del incendio para disponer la cantidad de elementos necesarios.
5. Pedir colaboración si ello fuera necesario.

Al atacar el fuego se debe:

1. Cortar la corriente eléctrica en el sector.
2. Cortar toda corriente de aire en caso de ser posible.
3. Atacar el fuego lo más cerca posible, con viento a favor de modo de aprovechar al máximo la capacidad del elemento extintor.
4. Desde la menor distancia posible, dirigir el chorro sobre la base del fuego y no al centro, barriendo en zigzag y en lo posible alrededor del incendio para atacarlo por todos los costados.
5. Circunscribir el fuego para evitar su propagación.
6. Utilizar el material indispensable con el máximo rendimiento, teniendo en cuenta que cada extintor o boca de incendio abastece a una zona que no debe quedar desprotegida en ningún momento, salvo que sea por una razón bien justificada.
7. Actuar siempre con celeridad y serenidad.

El personal de la empresa se encontrará capacitado para reaccionar ante casos de incendio y estarán divididos en brigadas y trabajarán como equipo en el momento oportuno. Las

personas mejores capacitadas serán las que deban actuar en el momento del incendio y las demás estarán en condiciones de aprender las maniobras cuando las cargas de los matafuegos estén a punto de vencer, momento en que aprovechará para realizar simulacros.

#### 14.10.9 Plan de emergencia y evacuación

Se contará con un plan de emergencia de conocimiento general por la totalidad del personal y el mismo será llevado a cabo en caso de ocurrencia de una emergencia.

En caso de una eventualidad, se deberá llamar desde cualquier teléfono de planta habilitado para dicho fin, citando la emergencia observada, lugar y nombre de quien habla. Los teléfonos estarán conectados con el departamento de higiene y seguridad, cuyos miembros deberán brindar rápidamente la asistencia necesaria. A demás desde estos teléfonos se pueden realizar llamadas de emergencia al exterior.

Ante tales circunstancias las personas deberán resguardarse en lugares seguros y a la espera de instrucciones. En ningún caso deberán acercarse al lugar del siniestro y cuando las personas presentes en el predio escuchen tres toques prolongados de sirena, que indican evacuación total, deberán dirigirse a la salida de emergencia más alejada del sector del siniestro.

Para llevar a cabo la evacuación se dispondrá del plan de evacuación de conocimiento general.

Este plan incluirá lo siguiente:

1. Reconocimiento del sonido de la alarma.
2. Plano indicativo de salidas de principales y secundarias.
3. Designación de las personas encargadas de dar aviso a los bomberos.

4. Abandono total de las actividades y salida del recinto en forma segura, rápida y en silencio.
5. Punto establecido de reunión fuera del edificio.
6. Método para verificar si quedan personas en el interior del edificio.

Se dispondrá de un plan alternativo, para el caso en que no se pudiera cumplir con el plan original.

Tanto para el cumplimiento del plan original como del alternativo, es que se llevarán a cabo simulacros de evacuación (incluidos en la capacitación de personal), de forma tal de asegurarse que el personal sepa cómo lograr una buena evacuación, ordenada y eficaz, cuando las circunstancias así lo requieran.

#### 14.10.10 Sistema de alarma

La planta estará equipada con un sistema de alarma contra incendio compuesto de los elementos que se muestran a continuación.



Alarma contra incendios: conectada a un grupo electrógeno de modo que quede asegurado su funcionamiento.



Sistema de aspersión automática de agua.



Detectores de humo: ubicados en los recintos cerrados de la planta; activan la alarma contra incendios.

#### 14.11 Seguridad medioambiental

Todas las actividades que desarrolla el ser humano generan un impacto sobre el ambiente externo a la planta, este efecto debe ser minimizado para cumplir con la legislación en vigencia, para evitar pérdidas económicas, para evitar perjuicios a la comunidad, y, por supuesto, para preservar el medio ambiente.

Estos objetivos formarán parte de cada toma de decisión de carácter preventivo, comprometiendo los esfuerzos de la empresa hacia una rápida solución ante cualquier desviación que se produzca.

En lo que se refiere a desagües industriales, se cumplirá lo establecido en la legislación vigente.

#### 14.11.1 Política medioambiental

Los impactos ambientales significativos que puedan ocasionar las tareas desarrolladas por la empresa y su personal, irán acompañados de las respectivas medidas encargadas de remediar dichos impactos.

Con respecto a la generación, manipulación y almacenamiento de residuos, se considera que es responsabilidad de todo el personal de la empresa de la limpieza y traslado de los mismos hasta el sector asignado.

#### 14.11.2 Residuos sólidos

Con respecto a los residuos sólidos, el objetivo de la empresa es minimizar la generación de residuos en origen, en cantidad y tipología, mediante un sistema participativo, buscando la mejor relación costo-beneficio-medio ambiente.

Los residuos sólidos se clasifican en:

- Recuperables: se consideran a los cartones limpios, papeles limpios, papel de oficina, bidones de todo tipo limpios, metales varios, plásticos, latas, vidrios, etc. Todos ellos son otorgados a una empresa de reciclaje.
- Residuos asimilables a urbanos: se pueden encontrar restos de comida con o sin envoltorio, cartones sucios, cintas de embalaje, sobres de azúcar, etc. Los residuos asimilables a urbanos generados por la actividad diaria serán depositados en contenedores dispuestos para ese fin en distintos sectores de la planta y edificios. En el caso de que se genere chatarra, esta será retirada a un sector alejado de la planta para ser recogido periódicamente por una empresa contratista.
- Residuos especiales o peligrosos: diluyentes sucios, aceites usados, aceites lubricantes, productos químicos, gasoil, restos de pintura, grasas industriales, pilas, pinceles, guantes y demás herramientas con grasas o

pinturas, drogas de laboratorio, etc. Los residuos especiales o peligrosos deben ser llevados a un sector alejado e identificados con un cartel que indique residuos especiales. No se deben mezclar con las chatarras.

#### 14.11.3 Efluentes líquidos

Además de los efluentes líquidos generados por el proceso de producción, los cuales son considerados en el capítulo “Tratamiento de Efluentes”, en la planta son generados diversos efluentes líquidos a considerar, los cuales se clasifican en:

- Efluentes domésticos y cloacales: son generados por las instalaciones utilizadas por el personal de la planta, esto es: instalaciones sanitarias, instalaciones de uso doméstico (lavavajillas, bebederos) e instalaciones de emergencia. Los efluentes líquidos domésticos y cloacales serán enviados directamente a la colectora cloacal municipal para su tratamiento.
- Efluentes pluviales: se generan por la precipitación de agua de lluvia que escurre por techos y pisos de patios. Dadas sus características no es necesario su tratamiento, por lo que será conducida por canales de techo y conductos de bajada hasta terreno absorbente.

#### 14.11.4 Emisiones gaseosas

Los efluentes gaseosos generados por el proceso de producción son considerados en el capítulo “Tratamiento de Efluentes”.

#### 14.12 Hojas de Datos

A continuación, se muestran las planillas de datos de todas las sustancias manipuladas en el proceso productivo de Ácido Tereftálico, ya sea que se trate de materias primas, productos, subproductos, o sustancias de servicio. Dichas planillas son de importancia relevante, ya que en ellas se encuentra gran parte de la información a tener en cuenta para lograr mantener la planta en las condiciones de higiene y seguridad adecuadas.

#### 14.12.1 Sustancias de proceso

Las sustancias manipuladas en el proceso de producción, por orden alfabético, son:

- Acetato de Cobalto
- Acetato de Manganeseo
- Ácido Acético
- Ácido Bromhídrico
- Ácido Tereftálico
- Agua
- Hidrógeno
- P-Xileno

14.12.1.1 *Acetato de Cobalto*

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 12.12.2016

Versión 1.3

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	102529
Denominación	Cobalto(II) acetato tetrahidrato p.a. EMSURE® ACS
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.
No. CAS	6147-53-1

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ( <a href="http://www.merckgroup.com">www.merckgroup.com</a> ; for USA/Canada <a href="http://www.emdgroup.com">www.emdgroup.com</a> ).
--------------------	---



## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

#### Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302  
Irritación ocular, Categoría 2, H319  
Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334  
Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317  
Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341  
Carcinogenicidad, Categoría 1B, Inhalación, H350i  
Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360F  
Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400  
Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

#### Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

##### *Pictogramas de peligro*



##### *Palabra de advertencia*

Peligro

##### *Indicaciones de peligro*

H350i Puede provocar cáncer por inhalación.

H360F Puede perjudicar a la fertilidad.

H302 Nocivo en caso de ingestión.

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

##### *Consejos de prudencia*

Prevención

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar guantes de protección.

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P342 + P311 En caso de síntomas respiratorios: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

**Etiquetado reducido (≤125 ml)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H350i Puede provocar cáncer por inhalación.

H360F Puede perjudicar a la fertilidad.

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

*Consejos de prudencia*

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P280 Llevar guantes de protección.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P342 + P311 En caso de síntomas respiratorios: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/Información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Co} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	$\text{CoC}_6\text{H}_6\text{O}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (Hill)
No. CE	200-755-8	
Masa molar	249,08 g/mol	

#### Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS      Número de registro      Clasificación

Cobalt(II)-acetat-Tetrahydrat (<= 100 % )

6147-53-1      \*)

Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

Irritación ocular, Categoría 2, H319

Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334

Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341

Carcinogenicidad, Categoría 1B, H350i

Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360F

Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400

Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Factor-M: 10

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 3.2 Mezcla

No aplicable

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

*Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ducharse. Consultar a un médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

#### **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

efectos irritantes, Reacciones alérgicas

Convulsiones, Diarrea

Síntomas de una intoxicación aguda de cobalto: descomposición, pérdida del apetito, descenso de la temperatura corporal y de la tensión sanguínea. Efecto tóxico sobre los riñones (albuminuria, anuria), corazón y páncreas.

#### **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse Inmediatamente**

No hay información disponible.

---

### **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

#### **5.1 Medios de extinción**

*Medios de extinción apropiados*

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

#### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

#### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

*Otros datos*

Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

## **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Indispensable evitar la formación y la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza**

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger con precaución, proceder a su eliminación. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

### **6.4 Referencia a otras secciones**

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## **SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento**

### **7.1 Precauciones para una manipulación segura**

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla.

*Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

### **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

*Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado. Seco. Manténgase el recipiente en un lugar bien ventilado. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

*Cobalt(II)-acetat-Tetrahydrat (6147-53-1)*

AR OEL      Concentración máxima      0,02 mg/m<sup>3</sup>      Expresado como: como Co  
                    permisible ponderada en  
                    el tiempo

### 8.2 Controles de la exposición

#### Disposiciones de Ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

#### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

*Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad

*Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:      Caucho nitrilo  
Espesor del guante:      0,11 mm  
tiempo de penetración:      > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:      Caucho nitrilo  
Espesor del guante:      0,11 mm

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatril® L (Sumerción), KCL 741 Dermatril® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

*Otras medidas de protección*  
prendas de protección

*Protección respiratoria*  
necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro P 3

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

#### **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### 14.12.1.2 Acetato de Manganeso

---

#### 1. Identificación del Producto

**Identificación de la sustancia o del preparado**

Denominación:

Manganeso(II) Acetato 4-hidrato

**Uso de la sustancia o preparado:**

Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.

---

#### 2. Identificación de Riesgos

Sustancia no peligrosa.

---

#### 3. Composición/Información de Ingredientes

Denominación: Manganeso(II) Acetato 4-hidrato

Fórmula:  $C_4H_8MnO_4 \cdot 4H_2O$  M.=245,09 CAS [6156-78-1]

Número CE (EINECS): 211-334-3

---

#### 4. Medidas de Primeros Auxilios

**Indicaciones generales:**

En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.



**Inhalación:**

Trasladar a la persona al aire libre.

**Contacto con la piel:**

Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.

**Ojos:**

Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos.

**Ingestión:**

Beber agua abundante. Provocar el vómito. En caso de malestar, pedir atención médica.

---

## 5. Medidas para Combatir Incendios

**Medios de extinción adecuados:**

Los apropiados al entorno.

**Medios de extinción que NO deben utilizarse:**

----

**Riesgos especiales:**

Incombustible.

**Equipos de protección:**

----

---

## 6. Medidas para Liberación Accidental

**Precauciones individuales:**

----

**Precauciones para la protección del medio ambiente:**

----

**Métodos de recogida/limpieza:**

Recoger en seco y depositar en contenedores de residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. Limpiar los restos con agua abundante.

---

## 7. Manejo y Almacenaje

**Manipulación:**

Sin indicaciones particulares.

**Almacenamiento:**

Recipientes bien cerrados. Ambiente seco.

---

## 8. Controles para Exposición/Protección Personal

**Medidas técnicas de protección:**

----

**Control límite de exposición:**

----

**Protección respiratoria:**

En caso de formarse polvo, usar equipo respiratorio adecuado.

**Protección de las manos:**

Usar guantes apropiados

**Protección de los ojos:**

Usar gafas apropiadas.

**Medidas de higiene particulares:**

Quitarse las ropas contaminadas. Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

**Controles de la exposición del medio ambiente:**

Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.

14.12.1.3 *Ácido Acético*

- Identificación del compuesto -	
Nombre Químico	Ácido Acético
Sinónimos	Ácido etanoico/ Ácido metanocarboxílico
N° CAS	64-19-7
Fórmula	CH <sub>3</sub> COOH / C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
- Propiedades físico-químicas -	
Aspecto y Color	Líquido incoloro
Olor	Acra. Picante y penetrante.
Peso Molecular	60.1
Presión de vapor	11 mmHg a 20° C
Densidad relativa de vapor (aire =1)	2.07
Solubilidad en agua	Miscible
Punto de ebullición	117.9° C
Punto de fusión	25.7° C

- Estabilidad y Reactividad -
La sustancia es moderadamente ácida.
Reacciona violentamente con oxidantes tales como trióxido de cromo, permanganato potásico, y ácido nítrico.
Reacciona violentamente con bases fuertes.
Ataca muchos metales formando gas combustible (hidrógeno).

- Identificación de los peligros Normas IRAM 3797 -



- Información toxicológica -

Contacto con la piel	Enrojecimiento, dolor, graves quemaduras cutáneas. Puede producir dermatitis.
Contacto con los ojos	Dolor, enrojecimiento, visión borrosa, quemaduras profundas graves.
Inhalación	Dolor de garganta, tos, jadeo, dificultad respiratoria. Los síntomas de edema pulmonar se ponen en manifiesto pasadas algunas horas y se agravan con el esfuerzo físico.  Vigilancia médica estricta.
Ingestión	Dolor de garganta, sensación de quemazón del tracto digestivo, dolor abdominal, vómitos, diarrea.
Otros	No es teratogénico ni afecta a la reproducción.

- Límites toxicológicos -

Límite en aire de lugar de trabajo 25 mg/m<sup>3</sup> (10 ppm)

(s/ Res. 444/91) CMP

Límite en aire de lugar de trabajo	37 mg/m <sup>3</sup> (15 ppm)
(s/ Res. 444/91) CMP-CTP	
Límite NIOSH REL	TWA 10 ppm (25 mg/m <sup>3</sup> )
	ST 15 ppm (37 mg/m <sup>3</sup> )
Límite OSHA PEL	TWA 10 ppm (25 mg/m <sup>3</sup> )
Nivel guía para fuentes de agua de bebida humana	No especificado
(s/ Dto. 831/93)	
- Riesgos de incendio y explosión -	
Incendio	Inflamable. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.
Explosión	Por encima de los 39° C pueden formarse mezclas vapor/ aire explosivas.
Puntos de inflamación	39° C
Temperatura de autoignición	427° C

- Efectos ecotóxicos -	
Residuo clasificado peligroso / especial	Sí
S/ Ley 24-051 - Dto. 831/93 (Nación)	
Límite en emisiones gaseosas	No especificado.
S/ Dto. 831/93 (Nación)	
Límite en vertidos líquidos	No especificado
S/ Res. 79179/90 (Nación)	
- Equipos de protección personal -	
Protección respiratoria	Sí. Se recomienda protección respiratoria para vapores orgánicos.
Protección de manos	Sí. Guantes para evitar contacto con el producto.
Protección de ojos	Sí. Protección ocular para salpicaduras químicas.
Protección del cuerpo	Sí. Ropa de protección.
Instalaciones de seguridad	Sí. Ducha y lavaojos de seguridad.
- MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO -	

Condiciones de manipuleo	<p>Evitar el calentamiento intenso. Esto puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.</p> <p>Evitar llama abierta.</p> <p>No producir chispas.</p> <p>No fumar.</p> <p>Por encima de 39° C; sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosiones.</p> <p>No comer ni beber durante el trabajo.</p>
Condiciones de almacenamiento	<p>Almacenar en lugar a prueba de incendio. Separado de oxidantes, bases.</p> <p>Mantener en lugar frío; mantener en una habitación bien ventilada.</p> <p>Separado de alimentos y piensos.</p>

- MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE DERRAMES Y/O FUGAS -

Precauciones personales	Protección personal completo, incluyendo equipo autónomo de respiración.
Precauciones ambientales	Solo bajo la responsabilidad de un experto eliminar el residuo con abundante agua.
Métodos de limpieza	Recoger el líquido procedente de una fuga en recipientes herméticos. Neutralizar con precaución el líquido derramado con carbonato sódico.

- MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE CONTACTO CON EL COMPUESTOS (PRIMEROS AUXILIOS) -

En general	Evitar todo tipo de contacto. En todos los casos luego de aplicar los primeros auxilios, derivar al médico.
Contacto con la piel	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con abundante agua o ducharse, y solicitar asistencia médica.
Contacto con los ojos	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar al médico.
Inhalación	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, y someter a atención médica.
Ingestión	Enjuagar la boca. No provocar el vómito, y someter a atención médica.



- MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN -

Medidas de extinción apropiadas	Pulverizar con agua, espuma resistente a alcohol o dióxido de carbono.
Medidas de extinción inadecuadas	No especificado
Productos de descomposición	Al quemarse genera gases tóxicos e inflamables.
Equipos de protección personal especiales	Trajes aluminados de protección y equipo autónomo de respiración.
Instrucciones para combatir el fuego	Mantener frío los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

- MEDIDAS A TOMAR PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS -

Los restos de producto químico deberían eliminarse por incineración o mediante cualquier otro medio de acuerdo a la legislación local.

No verter en ningún sistema de cloacas, sobre el piso o extensión de agua.

14.12.1.4 *Ácido Bromhídrico*

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 26.09.2018

Versión 1.3

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 100307

Denominación Ácido bromhídrico 47% p.a. EMSURE® ACS, ISO

Número de registro REACH Este producto es una mezcla. Número de registro REACH véase sección 3.

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Análisis químico  
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

### **Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, H335

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### **2.2 Elementos de la etiqueta**

#### **Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

##### *Pictogramas de peligro*



##### *Palabra de advertencia*

Peligro

##### *Indicaciones de peligro*

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H335 Puede irritar las vías respiratorias.

##### *Consejos de prudencia*

###### *Prevención*

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

###### *Intervención*

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO

DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

**Etiquetado reducido (≤125 ml)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

*Consejos de prudencia*

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

No. Índice 035-002-01-8

### 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/ Información sobre los componentes

Naturaleza química Solución acuosa

### 3.1 Sustancia

No aplicable

### 3.2 Mezcla

No. Índice 035-002-01-8

### Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS Número de registro Clasificación

Bromwasserstoffsäure (>= 40 % - < 50 % )

*La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento ( CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.*

10035-10-6 \*)

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290  
Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314  
Toxicidad específica en determinados órganos - exposición  
única, Categoría 3, H335

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

---

#### **SECCIÓN 4. Primeros auxilios**

##### **4.1 Descripción de los primeros auxilios**

###### *Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!).

Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

##### **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

Irritación y corrosión, Tos, Insuficiencia respiratoria

¡Riesgo de ceguera!

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

El fuego puede provocar emanaciones de:

bromuro de hidrógeno

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemizorb® H<sup>+</sup> (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

#### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

### SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

#### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

##### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

##### *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

#### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

##### *Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

#### 7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

### SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual

#### 8.1 Parámetros de control

##### *Bromwasserstoffsäure (10035-10-6)*

AR OEL      Valor techo      3 ppm

#### 8.2 Controles de la exposición

#### **Medidas de protección individual**

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos/ la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

#### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
Tiempo de penetración:	480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
Tiempo de penetración:	480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

#### *Otras medidas de protección*

Ropa protectora contra ácidos

#### *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro E-(P2)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

#### **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.



14.12.1.5 *Ácido Tereftálico*

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - SDS**

**ÁCIDO TEREFTÁLICO PURIFICADO – PTA**

De acuerdo con los Reglamentos (CE) 1907/2006, (CE) 1272/2008 y (EU) 453/2010 (Anexo I)

**SECCIÓN I – IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DE LA EMPRESA**

IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA	ÁCIDO TEREFTÁLICO PURIFICADO – PTA
IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO (NOMBRE QUÍMICO):	Ácido 1-4 benzenodicarboxílico
CAS #:	100-21-0
REACH #:	01-2119485970-27-0058
PRINCIPALES APLICACIONES DEL PRODUCTO:	Materia prima principal para fabricación del polímero PET (tereftalato de polietileno)

## SECCIÓN II – IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

### CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO (CE) N. 1272/2008:

CLASE DE RIESGO	CÓDIGO DE LA CLASE Y CATEGORÍA DE RIESGO	DECLARACIÓN DE RIESGO	ADVERTENCIA SOBRE EL RIESGO
No clasificada	No clasificada	No clasificada	No clasificada

### CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA DIRECTIVA 67/548/CEE :

Clasificación	Símbolo de Riesgo	Frases de riesgo
No clasificada	No clasificada	No clasificada

### PRINCIPALES EFECTOS ADVERSOS

**EFECTOS FÍSICO-QUÍMICOS:** No se espera ningún efecto físico-químico bajo condiciones normales de uso.

**INGESTIÓN CON EFECTOS A LA SALUD:** No conocidos.

**EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN:** Ligeramente irritante.

**CONTACTO CON LA PIEL:** Puede causar irritación en la piel.

**CONTACTO CON LOS OJOS:** Puede causar irritación en los ojos.

**SENSIBILIZACIÓN:** La sustancia puede causar reacciones alérgicas en la piel.

**EFECTOS AMBIENTALES:** No se espera ningún efecto ambiental adverso bajo condiciones normales de uso.

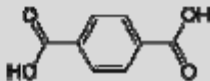
### ETIQUETADO DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO N. 1272/2008/EC:

<b>PICTOGRAMA(S)</b>	No previsto
<b>ADVERTENCIA</b>	No prevista
<b>DECLARACIONES DE RIESGO</b>	No previstas

**OTROS RIESGOS (LOS CUALES NO RESULTAN EN LA CLASIFICACIÓN):**

**RIESGOS FÍSICO-QUÍMICOS:** La sustancia es orgánica, por lo tanto, puede formar mezclas explosivas con el aire bajo determinadas condiciones (p.ej. temperatura, presión, tamaño de la partícula de polvo, humedad, concentración de los agentes combustibles).

**SECCIÓN III – COMPOSICIÓN/INFORMACIONES DE LOS INGREDIENTES**

<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>	<b>ÁCIDO TEREFTÁLICO PURIFICADO – PTA</b>
<b>CONCENTRACIÓN</b>	99,9 %
<b>FÓRMULA ESTRUCTURAL</b>	

<b>FÓRMULA QUÍMICA</b>	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>
<b>PESO MOLECULAR</b>	166.1308 [g/mol]
<b>SUSTANCIA CON OEL COMUNITARIO</b>	NO
<b>NOMBRE CAS</b>	Ácido tereftálico
<b>NÚMERO CAS</b>	100-21-0
<b>NOMBRE IUPAC</b>	Ácido tereftálico
<b>NÚMERO EC</b>	202-830-0
<b>IMPUREZA/IMPUREZAS (SI SE CLASIFICAN)</b>	No hay impurezas. Sustancia Pura.
<b>ADITIVO/ADITIVOS (SI SE CLASIFICAN)</b>	No hay aditivos.



## SECCIÓN IV – MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

### DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS:

#### CONTACTO CON LOS OJOS

Lavar inmediatamente con agua en abundancia o suero. Mantener los párpados abiertos con los dedos. Buscar atención médica y mostrarle la etiqueta al médico.

#### CONTACTO CON LA PIEL

Retirar inmediatamente las ropas y zapatos contaminados. Lavar el área afectada con agua abundante hasta que no haya ningún indicio de la sustancia (15-20 minutos). Buscar inmediatamente atención médica.

#### INGESTIÓN

En caso ocurra ingestión de la sustancia, lavar la boca con agua, siempre y cuando la persona esté consciente. Buscar atención médica inmediatamente y mostrar el envase o etiqueta.

#### INHALACIÓN

Evitar respirar los polvos que pueden surgir al manejar el producto. Retirar la persona del área de exposición y llevarla inmediatamente a un ambiente ventilado. Buscar atención médica en caso surjan síntomas adversos.

### SÍNTOMAS Y EFECTOS MÁS IMPORTANTES (AGUDOS Y TARDÍOS):

#### EFECTOS AGUDOS Y TARDÍOS

Ingestión: desconocida.  
Exposición por inhalación: ligeramente irritante.  
Contacto con la piel: rojez.  
Contacto con los ojos: sensación de ardor, rojez de la conjuntivitis.

Sensibilización: la sustancia puede causar reacciones alérgicas en la piel.

**INDICACIÓN DE CUALQUIER CUIDADO MÉDICO INMEDIATO Y TRATAMIENTO ESPECIAL NECESARIO:**

<b>MONITOREO MÉDICO</b>	No previsto
<b>ANTÍDOTOS, EN CASO SEAN CONOCIDOS</b>	Desconocidos
<b>CONTRAINDICACIONES</b>	Desconocidas
<b>TRATAMIENTO INMEDIATO EN EL LOCAL DE TRABAJO</b>	No previsto

**SECCIÓN V – MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO**

<b>MÉTODOS APROPIADOS DE EXTINCIÓN:</b>	Material en polvo – Grupo Inflamable 'A' El material puede formar nubes inflamables de polvo en el aire. La combustión creará vapores tóxicos y que causan irritación. Utilizar sustancias químicas secas, espuma o niebla de agua.
<b>MÉTODOS NO APROPIADOS DE EXTINCIÓN:</b>	No utilizar chorro de agua.
<b>SUSTANCIAS DE COMBUSTIÓN:</b>	Vapores tóxicos y que causan irritación.
<b>PROCEDIMIENTOS ESPECIALES:</b>	No existen informaciones relevantes.

**PROTECCIÓN DEL BOMBERO:** Deben utilizarse equipos independientes de respiración y ropas protectoras apropiadas al extinguir el incendio.

## SECCIÓN VI - MEDIDAS EN CASO DE ESCAPE ACCIDENTAL

<b>PRECAUCIONES PERSONALES:</b>	Utilizar botas impermeables, guantes de goma, anteojos de amplia visibilidad, protección respiratoria y todas las ropas impermeables. (Overoles Tyvek).
<b>PRECAUCIONES AMBIENTALES:</b>	No tirar agua. Recoger el vertido, transferir a un contenedor adecuado y retirar el suelo contaminado a otro contenedor independiente. El descarte final de ese producto debe monitorearse, así como el cumplimiento de la ley.

## SECCIÓN VII - MANEJO Y CONSERVACIÓN

### PRECAUCIONES PARA EL MANEJO SEGURO:

<b>RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO</b>	Manejar distante de chispas y llamas – fuentes de ignición Manejar en local bien ventilado Evitar contacto con materiales incompatibles Usar Equipos Adecuados de Protección Personal (consultar sección 8)
<b>RECOMENDACIONES PARA HIGIENE PERSONAL</b>	Mantener la sustancia distante de aguas subterráneas, de superficie o de drenajes No comer, beber y fumar cercano a las áreas de trabajo. Lavarse las manos después de manejar la sustancia. Quitarse las ropas contaminadas y equipos de protección antes de ingresar a las áreas de alimentación.

### CONDICIÓN PARA CONSERVACIÓN SEGURA INCLUYENDO CUALESQUIERA INCOMPATIBILIDADES:

La sustancia es orgánica, por lo tanto, puede formar mezclas explosivas con el aire bajo determinadas condiciones.

### MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO RELACIONADAS A:

<b>POTENCIALES FUENTES DE IGNICIÓN:</b>	De la misma forma que todos los polvos secos, se recomienda conectar a tierra el equipo mecánico en contacto con el material seco, con el objetivo de disipar la potencial acumulación de electricidad estática.
<b>CONDICIONES CLIMÁTICAS</b>	No exponer a altas temperaturas y fuentes de calor.



**MÉTODOS DE LIMPIEZA:**

Recolectar el material vertido y transferirlo a contenedores apropiados para el descarte como material de reprocesamiento o residuo. Cuidado, pues los escapes pueden ser resbaladizos.

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA**

No se espera ningún procedimiento de restricción. Conservar en el contenedor original herméticamente cerrado en local seco y frío (15-25°C).

**TEMPERATURA**

**LUZ DEL SOL**

No exponer a luz directa del sol.

**HUMEDAD**

No conservar en local húmedo.

**VIBRACIÓN**

No se espera ningún procedimiento de restricción.

La adopción del procedimiento de Gestión de Riesgo referente a las propiedades físicas y químicas también estaba basada en la Evaluación de Riesgo local realizada por el empleador en sus condiciones locales de trabajo (uso de la sustancia), principalmente, cuando un escenario estandarizado de exposición no estaba disponible.

**MATERIAL PARA MANTENIMIENTO DE LA INTEGRIDAD DE LA SUSTANCIA:**

**ESTABILIZADORES**

No se prevé uso de estabilizadores.

**ANTIOXIDANTES**

No se prevé uso de antioxidantes.

**OTRAS RECOMENDACIONES:**

**EXIGENCIAS RESPECTO A LA VENTILACIÓN**

Solicitada con base en la conservación de la sustancia.

**PROYECTO ESPECÍFICO DEL DEPÓSITO**

No solicitado con base en la clasificación.

**COMPATIBILIDADES DEL EMBALAJE**

Consultar también 10.

**USO(S) FINALES ESPECÍFICOS:**

No existen recomendaciones específicas.



**SECCIÓN VIII – CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL**

**PARÁMETROS DE CONTROL**

<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL EUROPEO/NACIONALES</b>	No establecidos
<b>OTROS LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL EUROPEOS/NACIONALES</b>	No establecidos
<b>LÍMITES BIOLÓGICOS NACIONALES/EUROPEOS (BEI)</b>	No establecidos
<b>OTROS LÍMITES BIOLÓGICOS NACIONALES/EUROPEOS (BEI)</b>	No establecidos
<b>PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS DE MONITOREO</b>	Las mediciones de la sustancia en el local de trabajo deben realizarse de acuerdo con los métodos estandarizados descritos por la orientación EN.

**PROTECCIÓN DE LOS OJOS Y ROSTRO**

**PROTECCIÓN DE LA PIEL  
 PROTECCIÓN DE LAS MANOS**

Anteojos de seguridad con base en EN166; protección del rostro  
 Guantes resistentes a los agentes químicos con base en EN374, partes 1, 2 y 3 y a la Directiva Europea 89/89/CEE.  
 El material de los guantes debe ser impermeable y estable con relación al contenido de la sustancia.  
 Seleccionar el material de los guantes con base en su tipo, períodos mínimos o típicos de paralización, variaciones de permeabilidad y espesura.  
 Material: nitrilo (caucho nitrilo), hipoalergénico  
 Espesura: no inferior a 0,12 mm

**OTROS, PROTECCIÓN DEL CUERPO**

Seleccionar el equipo de protección adecuado con base en la actividad de uso y posible exposición. Usar guantes, botas, ropas ajustadas y otros dispositivos de acuerdo con EN 14605 en el caso de modelos o EN 13982 en el caso de polvos.

**PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

Cuando la evaluación de riesgos estime la necesidad de usar dispositivos para respiración con ventilación asistida, utilizar un filtro de polvo semejante a P1, P2 y P3. Utilizar solamente los dispositivos aprobados por las Autoridades Competentes, por ejemplo, NIOSH (EUA) y CEN (UE).  
 Para su conocimiento, los polvos se dividen en tres categorías:  
 2a (polvo inerte con TLV= 10 mg/m<sup>3</sup>),  
 2b (polvos nocivos con TLV = 0,1-10 mg/m<sup>3</sup> (excluyendo asbestos),



**RIESGOS TÉRMICOS**

2c (polvos tóxicos con TLV < 0,1 mg/m<sup>3</sup> (asbestos, sustancias cancerígenas, bacterias, virus, enzimas, esporas, etc).

Cat. 2a: filtro P1, Cat. 2b: filtro P2, Cat.2c: filtro P3.

No previstos en el uso estándar.

Evaluar el Equipo de Protección Personal con base en los usos específicos de la sustancia.

**CONTROLES DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL:**

Controles ambientales no son necesarios.

14.12.1.6 *Hidrógeno*

**1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

Nombre del producto : Hidrógeno

Familia química : Gas inflamable

Nombre químico : Hidrógeno

Fórmula : H<sub>2</sub>

Sinónimos : No aplica

Usos: Hidrogenación de aceites; procesos especiales de soldadura y corte; laboratorios; hornos de tratamientos térmicos; formación de atmósferas reductoras (industria del vidrio); hornos para reducción de ciertos metales (eliminación de oxígeno); fabricación de semiconductores.

"NO SE USE EN NINGUN TIPO DE GLOBO; PELIGRO INMINENTE DE INCENDIO"

Presentación: Como gas comprimido en cilindros.



## 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

COMPONENTE	% MOLAR	NUMERO CAS	LIMITES DE EXPOSICIÓN
Hidrógeno	99.9 – 99.999%	1333-74-0	TLV : Gas asfixiante simple

## 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

### Resumen de emergencia

El hidrógeno es un gas incoloro, inoloro, insípido, altamente inflamable y no es tóxico. El hidrógeno se quema en el aire formando una llama azul pálida casi invisible. Este gas es particularmente propenso a fugas debido a su baja viscosidad y a su bajo peso molecular. El principal peligro para la salud asociado con escapes de este gas es la asfixia producida por el desplazamiento de oxígeno en personas expuestas a altas concentraciones. Las mezclas de gas/aire son explosivas.

### Efectos potenciales para la salud

**Inhalación:** Asfixiante simple. Altas concentraciones de este gas pueden causar una atmósfera deficiente en oxígeno causando en individuos dolor de cabeza, zumbido en los oídos, mareos, somnolencia, inconsciencia, náusea, vómitos y depresión de todos los sentidos. La piel de la víctima puede adquirir una coloración azulada. En concentraciones inferiores de O<sub>2</sub> (<10%), puede causar pérdida de la conciencia, movimientos convulsivos, colapso respiratorio y muerte.

**Carcinogenicidad:** El hidrógeno no está listado por la NTP, OSHA o IARC como una sustancia carcinogénica o con potencial carcinogénico.



#### 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar la víctima al aire libre lo antes posible. Solamente personal profesionalmente entrenado debe suministrar oxígeno suplementario y/o resucitación cardio-pulmonar de ser necesario. Proveer asistencia médica inmediatamente.

#### 5. MEDIDAS CONTRA INCENDIO

**Punto de inflamación :** No aplica.  
**Temperatura de auto ignición :** 572°C (1060°F)  
**Limites de inflamabilidad :** Inferior (LEL): 4%  
(en aire por volumen, %) Superior (UEL): 75%

**Sensibilidad de explosión a un impacto mecánico:** No aplica.

**Sensibilidad de explosión a una descarga eléctrica:** Ignición por descargas electrostáticas

#### Riesgo general

El gas hidrógeno quema con una llama celeste, casi invisible. También se enciende fácilmente con poca fuerza de ignición. El hidrógeno es más ligero que el aire y se puede acumular en las partes altas de lugares encerrados. La presión en el cilindro puede aumentar debido a calentamiento y romperse si los dispositivos de descarga de presión llegaran a fallar.

#### Medios de extinción

CO<sub>2</sub>, polvo químico seco, rocío de agua o agua pulverizada.

#### Instrucciones para combatir incendios

Evacuar a todo el personal de la zona en peligro. No extinguir hasta que el suministro de hidrógeno esté cerrado y controlado. Inmediatamente enfriar los cilindros rociándolos con agua desde lo más lejos posible. **Cuidado al extinguir las llamas! Si las llamas se extinguen sin cortar la fuente de suministro de hidrógeno puede ocurrir una explosión.** El fuego y la explosión resultante podrían causar graves daños al equipo y al personal o muerte alrededor de una gran área. Si es posible y si no hay peligro, cerrar el suministro del gas hidrógeno mientras se continúa rociando los cilindros con agua.

Si un camión que transporte cilindros se ve involucrado en el incendio, aislar un área 1600 metros (1 milla) a la redonda. Combatir el incendio desde una distancia segura, utilizando soportes fijos para las mangueras.



### **Equipo contra incendios**

Los socorristas o personal de rescate deben contar como mínimo, con un aparato de respiración auto-contenido y protección personal completa a prueba de fuego (equipo para línea de fuego).

## **6. MEDIDAS CONTRA ESCAPE ACCIDENTAL**

En caso de un escape despejar el área afectada. Considerar la evacuación hacia un lugar contrario a la dirección del viento, por lo menos 800 metros (1/2 milla) a la redonda. Eliminar toda fuente de ignición. La presencia de una llama de hidrógeno se puede detectar acercándose cautelosamente y extendiendo una escoba de paja para hacer la llama visible. Si es posible y no hay peligro, cerrar el suministro de hidrógeno. Nunca entrar al área si la concentración de hidrógeno en el aire es mayor del 10% del límite inferior de explosividad (0.4%).

Si el escape se originó por problemas en un equipo o tubería de proceso, inertizarlos haciendo circular gas inerte (nitrógeno) a través de ellos por lo menos durante una hora antes de iniciar la correspondiente reparación. Mientras tanto el área se debe ventilar y permanecer aislada hasta que el gas se haya dispersado.

## **7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

### **Precauciones que deben tomarse durante el manejo de cilindros**

**Antes del uso:** Mover los cilindros utilizando un carro porta cilindros o montacargas. No hacerlos rodar ni arrastrarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o con otras superficies. No se deben transportar en espacios cerrados como por ejemplo, el baúl de un automóvil, camioneta o van. Para descargarlos usar un rodillo de caucho.

**Durante su uso:** No calentar el cilindro para acelerar la descarga del producto. Usar una válvula de contención o anti retorno en la línea de descarga para prevenir un contraflujo peligroso al sistema. Usar un regulador para reducir la presión al conectar el cilindro a tuberías o sistemas de baja presión (<200 bar-3.000 psig). Jamás descargar el contenido del cilindro hacia las personas, equipos, fuentes de ignición, material incompatible o a la atmósfera.

**Después del uso:** Cerrar la válvula principal del cilindro. Marcar los cilindros vacíos con una etiqueta que diga "VACIO". Los cilindros deben ser devueltos al proveedor con el protector de válvula o la tapa. No deben reutilizarse cilindros que presenten fugas, daños por corrosión o que hayan sido expuestos al fuego o a un arco eléctrico. En estos casos notificar al proveedor para recibir instrucciones.

## **8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL**

### **Controles de ingeniería**

Ventilación: Proporcionar ventilación natural o mecánica, para asegurarse de prevenir atmósferas deficientes en oxígeno por debajo del 19.5% de oxígeno.

Equipos de detección: Utilizar sistemas de detección de gases diseñados de acuerdo con las



necesidades. Rango recomendado del instrumento 0 – 100% LEL.

#### **Protección respiratoria**

Utilizar equipo autónomo de respiración (SCBA) o máscaras con mangueras de aire o de presión directa si los niveles de oxígeno están por debajo del 19.5% o durante emergencias de un escape del gas. Los purificadores de aire no proveen suficiente protección.

#### **Vestuario protector**

Para el manejo de cilindros es recomendable usar guantes industriales, verificando que éstos estén libres de aceite y grasa; gafas de seguridad y botas con puntera de acero.

#### **Equipo contra incendios**

Los socorristas o personal de rescate deben contar como mínimo, con un aparato de respiración auto-contenido y protección personal completa a prueba de fuego (equipo para línea de fuego).

### **9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

<b>Densidad del gas a 21,1°C (70°F), 1 atm:</b>	0.08342 kg./m <sup>3</sup> (0.00521 lb/ft <sup>3</sup> )
<b>Punto de ebullición a 1 atm:</b>	- 252.8°C (-423.0°F)
<b>Punto de congelación / fusión a 1 atm:</b>	-259.2°C (-434.6°F)
<b>Peso específico (aire = 1) a 21.1°C (70°F):</b>	0.06960
<b>Peso molecular:</b>	2.106
<b>Solubilidad en agua vol/vol a 15.6°C (60°F) y 1 atm:</b>	0.019
<b>Volumen específico del gas 21.1°C (70°F):</b>	11,99 m <sup>3</sup> /kg (192.0 ft <sup>3</sup> /lb)
<b>Presión de vapor :</b>	No aplica.
<b>Coefficiente de distribución agua / aceite:</b>	No aplica.
<b>Apariencia y color:</b>	Gas incoloro y sin olor.

### **10. REACTIVIDAD Y ESTABILIDAD**

#### **Estabilidad**

El hidrógeno es un gas estable

#### **Incompatibilidad**

Oxidantes fuertes (cloro, bromuro, pentafluoruro, oxígeno, oxígeno difluoruro, y nitrógeno trifluoruro. Mezclas de oxígeno/hidrógeno pueden explotar al hacer contacto con un catalizador como el platino. Algunos aceros son susceptibles al hidrógeno, haciéndolos quebradizos a altas presiones y temperaturas.

#### **Condiciones a evitar**

Evitar el contacto con materiales incompatibles y exponer a calor, chispas u otras fuentes de ignición. Cilindros expuestos a temperaturas altas o llamas directas pueden explotar violentamente.

#### **Reactividad**

- Productos de descomposición: Se produce agua cuando el hidrógeno arde en presencia de aire.
- Polimerización peligrosa : Ninguna

14.12.1.7 P-Xileno

**Ficha de datos de seguridad**

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



**p-Xileno ≥99 %, para síntesis**

número de artículo: **8817**

fecha de emisión: 11.05.2015

Versión: **3.0 es**

Revisión: 11.04.2019

Reemplaza la versión de: 04.07.2016  
Versión: (2)

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

**1.1 Identificador del producto**

Identificación de la sustancia	<b>p-Xileno</b>
Número de artículo	8817
Número de registro (REACH)	No es necesario indicar el uso identificado, ya que según la disposición REACH no es obligatorio registrar la sustancia (<1 t/a)
No de índice	601-022-00-9
Número CE	203-396-5
Número CAS	106-42-3

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

<b>Usos identificados:</b>	producto químico de laboratorio uso analítico y de laboratorio
----------------------------	---

**SECCIÓN 2: Identificación de los peligros**

**2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 3)	H226
3.1D	toxicidad aguda (cutánea)	(Acute Tox. 4)	H312
3.1I	toxicidad aguda (por inhalación)	(Acute Tox. 4)	H332
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Irrit. 2)	H315
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Irrit. 2)	H319
3.8R	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (irritación de las vías respiratorias)	(STOT SE 3)	H335
3.10	peligro por aspiración	(Asp. Tox. 1)	H304

**2.2 Elementos de la etiqueta**

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

**Palabra de advertencia**

**Peligro**

**Pictogramas**

GHS02, GHS07,  
GHS08



### Indicaciones de peligro

H226	Líquidos y vapores inflamables
H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias
H312+H332	Nocivo en contacto con la piel o si se inhala
H315	Provoca irritación cutánea
H319	Provoca irritación ocular grave
H335	Puede irritar las vías respiratorias

### Consejos de prudencia

#### Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P280	Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

#### Consejos de prudencia - respuesta

P301+P310	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un médico.
P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua/...
P304+P340	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
P331	NO provocar el vómito.

#### Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Símbolo(s)



H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
P301+P310	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un médico.
P331	NO provocar el vómito.

### 2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	1,4-Dimetilbenceno
No de índice	601-022-00-9
Número CE	203-396-5
Número CAS	106-42-3
Fórmula molecular	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
Masa molar	106,2 g/mol

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios



#### Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

#### En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

#### En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse. En caso de irritaciones cutáneas, consultar a un dermatólogo.

#### En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

#### En caso de ingestión

Lavar la boca inmediatamente y beber agua en abundancia. Observar el peligro por aspiración en caso de vómito. Llamar al médico inmediatamente.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Efectos irritantes. vértigo. Mareos. Pérdida de conciencia. Peligro de aspiración. Cefalea. Tos. Dificultades respiratorias. Náuseas. Vómitos.

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción



#### Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores  
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

#### Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

#### Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Los vapores son más pesados que el aire. Tener cuidado con rechazos. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.



## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia



#### Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Utilizar el equipo de protección individual obligatorio. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. No respirar los vapores/aerosoles. Prevención de las fuentes de ignición.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Propiedades explosivas.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

#### Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

#### Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

---

#### Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiados para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Ventilar suficiente y aspiración puntual en puntos críticos. Evítese la exposición. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

#### • Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

#### Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente. Proteger de la luz del sol.

#### Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

#### Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

• **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 – 25 °C.

**7.3 Usos específicos finales**

Noy hay información disponible.

**SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual**

**8.1 Parámetros de control**

**Valores límites nacionales**

**Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)**

País	Nombre del agente	No CAS	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m <sup>3</sup> ]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m <sup>3</sup> ]	Fuente
ES	p-xileno	106-42-3	VLA	50	221	100	442	INSHT
EU	p-xileno	106-42-3	IOELV	50	221	100	442	2000/39/CE

**Anotación**

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos (salvo que se disponga lo contrario)

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas (salvo que se disponga lo contrario)

**Valores límite biológicos**

País	Nombre del agente	Parámetro	Identificador	Valor	Material	Fuente
ES	xileno	ácidos metilhipúricos	VLB	1 g/g	orina	INSHT

**DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales**

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	221 mg/m <sup>3</sup>	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	442 mg/m <sup>3</sup>	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	221 mg/m <sup>3</sup>	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos locales
DNEL	442 mg/m <sup>3</sup>	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos locales
DNEL	212 mg/kg pc/día	humana, cutánea	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	0,25 mg/l	agua	emisiones intermitentes
PNEC	0,044 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,004 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	1,6 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	2,52 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,252 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,852 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)

## 8.2 Controles de exposición

### Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

#### Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

#### Protección de la piel



- **protección de las manos**

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

- **tipo de material**

FKM (caucho de fluorado)

- **espesor del material**

0,4 mm.

- **tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes**

>480 minutos (permeación: nivel 6)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

#### Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

#### Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

## **Capítulo XV**

### **15 ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

## 15.1 Introducción

La organización de una industria tiene como objetivo alcanzar las metas planteadas, lo cual se logra a través del uso coordinado de recursos. El logro de los objetivos necesita de la organización que haga posible la coordinación coherente de todos los medios y personas que forman parte de la misma.

Para ello, debe existir una administración que defina y estructure los roles que los miembros de la organización deben ejecutar.

En toda organización hay interacciones, y es la estructura de la misma la que las describe, fijando funciones, relaciones, actividades, jerarquías, etc.

## 15.2 Tipo de Sociedad

Se decide optar por una SOCIEDAD ANÓNIMA, cuya caracterización se amolda a los siguientes requisitos:

- Envergadura del emprendimiento: la dimensión de la empresa a iniciar es un factor primordial para la elección del tipo social. La planta de producción de ácido tereftálico se clasifica como “gran empresa”, incluyendo éstas las S.A. y ocasionalmente las S.R.L.
- Responsabilidad: siempre es preferible un tipo social que no comprometa el patrimonio de los socios. Son ellos la S.R.L. y la S.A.
- Transmisión de las partes del capital: en las S.A. la transmisión de las acciones es libre, puede el estatuto limitarla, en el caso de acciones nominativas o escriturales, pero no prohibirla.

En la S.A. el capitalista no es el director obligado, ni la dirección debe ser función privativa del capital. En otras formas societarias se presentan unidos necesariamente el capital y la dirección. La S.A. permite el acceso de la idoneidad a la dirección de la empresa.

A su vez, debe recalcar, que la S.A. es el tipo societario que predomina en el mundo globalizado, es la sociedad capitalista por excelencia, y numerosas empresas prestigiosas, han adoptado esta forma societaria.

### 15.3 Denominación de la sociedad anónima

La sociedad persona jurídica se identifica por una denominación, no puede tener razón social atendiendo a que no existen socios con responsabilidad solidaria.

La denominación debe contener la expresión “sociedad anónima” o su abreviatura, la sigla S.A., o sea que debe identificar el tipo de resguardo de terceros.

La empresa de producción de ácido tereftálico se denomina “**ACTEP S.A.**”.

### 15.4 Organigrama, diseño de cargos y funciones del personal

En esta sección se realiza una presentación de la organización de la empresa, haciéndose una descripción detallada de cada área que la conforma y de los objetivos que ellas tienen.

Se sabe que, si un conjunto de personas, desarrollan sus actividades con mira a cumplir un objetivo común, para lograr la mayor efectividad es necesario contar con una planificación adecuada de las tareas de cada una de las partes que intervienen en cumplir dicho objetivo. Dicha planificación implica establecer esquemas, sistemas o procedimientos operativos, dentro de un cierto orden.

Las empresas están estructuradas en tres grados o niveles: Directivo, ejecutivo y operativo. Dirigir, supone tomar decisiones para lograr fines determinados. Toda empresa puede dirigirse de forma centralizada o descentralizada, en el primer caso es la máxima jerarquía quien adopta todas las decisiones, lo que es habitual en empresas pequeñas.

En este caso, se considera una dirección descentralizada, que se caracteriza por delegación de autoridad y responsabilidad a las diferentes unidades en las que se estructura la organización, con el fin de alcanzar mejor los objetivos. En la dirección descentralizada, no

todas las decisiones se adoptan en el nivel directivo, sino que también se toman decisiones en el ejecutivo, e incluso en el operativo, aunque en cada uno de ellos estas decisiones son de distinto orden.

El nivel directivo toma decisiones que afectan a toda la empresa y tienen trascendencia a largo plazo. En este nivel se encuentran los directores de las diversas áreas funcionales. En el nivel ejecutivo o intermedio, se integran los distintos jefes o mandos intermedios. Se toman decisiones de tipo técnico, relativas al cumplimiento de planes y programas diseñados para alcanzar fines generales. Y en el nivel operativo, se abordan cuestiones relacionadas a tareas específicas, plenamente de ejecución.

En los diferentes niveles y entre ellos existe una interacción continua, donde cada individuo conoce exactamente sus funciones y obligaciones, y la del resto de los integrantes de la organización, con el fin de adquirir una visión clara y de conjunto que facilite la comprensión del objetivo final de la Empresa. Existen reglas y políticas de trabajo, capacitación permanente y como se dijo anteriormente cultura de Empresa.

Aunque las personas son siempre más importantes que las organizaciones, lo mejor es disponer de buenos profesionales y de una organización eficaz.

Se mencionarán las funciones de los siguientes niveles jerárquicos:

- Gerencia General.
- Gerentes Departamentales.
- Jefes de Servicio de Cada Departamento.
- Operarios.
- Personal Tercerizado.



#### 15.4.1 Gerente General

##### *Misión*

Desempeña funciones empresariales y de gestión esenciales para la existencia de la empresa.

##### *Funciones*

Dirige los programas estratégicos de acción y la táctica de la empresa.

Es la unidad de criterios, unidad de acción y la unidad de mando de la empresa.

Es el responsable de hacer cumplir las leyes, reglamentaciones, estatutos, contratos y convenios vinculados al hacer de la empresa.

Es el responsable de la empresa ante organismos exteriores y terceros.

##### *Autoridad*

Ejerce supervisión directa sobre los gerentes departamentales en cuanto a: cumplimiento de sus funciones gerenciales, incorporación, promoción o despido del personal de su gerencia.

##### *Especificación de la posición*

Título profesional: el gerente general será nombrado por el directorio, siendo miembro de éste, y es la máxima autoridad después del directorio. El perfil profesional buscado será: Licenciado en Economía, Contador, Ingeniero Industrial especializado en Administración o carreras afines.

## 15.4.2 Gerentes Departamentales

### 15.4.2.1 Gerente Comercial y de logística

#### *Misión*

Asegurar la obtención de materias primas y materiales necesarios para el mantenimiento del sistema productivo de la empresa, procurando el menor precio y mejores condiciones financieras posibles, dentro de la calidad requerida y en el período programado.

#### *Funciones*

Formular objetivos, políticas y programas tendientes a lograr el mayor beneficio de la empresa en materia de abastecimiento de bienes y servicios.

Mantenerse actualizado respecto de la marcha general de los negocios y al avance de la tecnología, desarrollar nuevas fuentes de abastecimiento de materias primas, materiales y servicios.

Mantenerse informado sobre la incidencia de las compras, en los costos de los productos que se elaboran.

Mantenerse actualizado en cuanto al registro de proveedores.

Formular el presupuesto periódico de compras en función de los niveles de actividad programados y de las políticas de stock, y el presupuesto de gastos del departamento.

Verificar que sean efectuadas los reclamos a proveedores de acuerdo a diferencias en cantidades y calidades emitidas.

#### *Autoridad*

Ejerce supervisión directa sobre el jefe de compras e indirectamente sobre compradores, activadores y personal de apoyo en cuanto a: cumplimiento de sus funciones, incorporación,

promoción o despido del personal de su gerencia, autorización de emisión de órdenes de compra conforme a la escala de niveles de autorización y aprobación de gastos de su departamento.

#### *Especificación de la posición*

Título profesional: Ingeniero Industrial, Licenciado en Marketing.

#### *15.4.2.2 Gerente contable y de finanzas*

##### *Misión*

Facilita las tareas de administración financiera y contables.

Mantiene informado a todo el personal jerárquico sobre las condiciones económicas de la empresa

##### *Funciones*

Formular objetivos, políticas y programas tendientes a lograr el mayor beneficio de la empresa en materia de abastecimiento de bienes y servicios.

Mantenerse actualizado respecto a la legislación empresarial y los reglamentos tributarios del país.

Presenta informes periódicos de la situación financiera de la empresa, acorde a las normas de la empresa.

Asesora y supervisa las transacciones económicas de la empresa.

Formula el presupuesto periódico disponible de la empresa.

Pago de servicios sociales, pago de servicios médicos, pago de almacenes.

### *Autoridad*

Directa sobre los demás departamentos en cuanto a: planificación de los costos de los distintos departamentos de la planta, cantidad de presupuesto de cada departamento, mantenimiento y limpieza de edificios, personal auxiliar destinados a la cocina y al comedor, otros servicios tercerizados.

### *Especificación de la posición*

Título profesional: Contador, Licenciado en Administración de Empresas o Licenciado en Economía.

#### *15.4.2.3 Gerente de RRHH*

### *Misión*

Facilita las tareas de administración de personal.

Prevé y asesora en el caso de modificaciones en parte del cuerpo social de la empresa.

### *Funciones*

Generar programas tendientes a integrar el personal de la empresa.

Forma parte de los procesos de selección y reclutamiento del personal.

Forma parte de los procesos de adiestramiento del personal en cuanto a la programación y planeamiento.

Presenta informes periódicos de la situación organizacional de la empresa.

### *Autoridad*

Ejerce supervisión directa sobre el personal administrativo.

### *Especificación de la posición*

Título profesional: Profesional con conocimientos en RRHH.

#### *15.4.2.4 Gerentes de ingeniería y producción*

##### *Misión*

Autoriza las decisiones técnicas finales del proceso y sobre la ingeniería de proceso

Mantiene informado a los demás departamentos sobre las operaciones técnicas y de ingeniería llevadas en su sector.

##### *Funciones*

Formular, prever, organizar y controlar las tareas en los servicios de ingeniería y mantenimiento, en el servicio de control de calidad y en el servicio de producción

Mantenerse actualizado respecto a la siguiente legislación: Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo N° 19587, Ley N° 24557 de Riesgos del Trabajo, IRAM, NFPA, ASME, ASTM, API, ISO, Normas de la Comunidad Europea, UNE, Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), entre otras.

Presenta informes periódicos de la situación técnica del proceso.

##### *Autoridad*

Ejerce supervisión directa sobre los jefes de servicio de su departamento, en cuanto a: el control técnico de las variables del proceso, los estudios de tiempo, análisis de demoras y fijación de estándares orientados a la agilización del proceso, la disposición y Layout de la planta, los puntos de control del proceso, el grado de flexibilidad del proceso y los recursos involucrados.

### *Especificación de la posición*

Título profesional: Ingeniero Químico.

#### *15.4.2.5 Gerente de seguridad e higiene*

##### *Misión*

Tendrá conocimientos sobre todas las actividades desarrolladas en la empresa: administrativas (servicios internos y servicios tercerizados) y técnicas (consideraciones de proceso, actividades de mantenimiento, transporte de sustancias, etc.).

Forma parte activa de los programas de seguridad, elaborará los programas de prevención y acción frente a siniestros.

Controla la seguridad y salubridad industrial de la planta y su personal.

Mantiene informado sobre los programas de acción al servicio de higiene y seguridad industrial.

Tendrá relación directa con la empresa aseguradora A.R.T (Aseguradora de Riesgos de Trabajo).

Estará obligado a hacer cumplir los programas de capacitación y de seguridad acordados con la A.R.T y con los planes de la aseguradora para prevención de riesgos.

##### *Funciones*

Elaborará el programa de seguridad en todas sus fases: planeación, ejecución y control.

Integrará en el programa de aseguramiento las siguientes áreas: prevención de accidentes, prevención de siniestros, control de pérdidas, higiene ergonómica e industrial, medicina ocupacional, control ambiental, etc.

Identificará agentes potenciales de peligro en las distintas áreas de trabajo (agentes físicos, agentes químicos, agentes biológicos y agentes ergonómicos) así como las vías de entrada. También dimensionará el tiempo de exposición y la intensidad de exposición.

Fiscalizará el cumplimiento del programa de seguridad.

Forma parte y coordina al personal destinado a la seguridad industrial de la planta.

En cuanto a la prevención de accidentes, tendrá a su cargo el desarrollo de las siguientes tareas: entrenamiento y capacitación del personal, programas de control de proceso e instalaciones coordinadas con el departamento de ingeniería (servicio de proceso y servicio de mantenimiento), recolección, adquisición y análisis de datos técnicos e infracciones en los distintos sectores de la planta, y seleccionar los responsables de realizar dichas tareas.

Asesorar en temas inherentes a seguridad en el proceso: antes, durante la puesta en marcha y en parada de planta. Es decir, prever los riesgos para la salud que pueden originarse como resultado de procesos de trabajo, operaciones y layout de equipos y en consecuencia asesorar sobre la planificación y diseño.

Evaluar los métodos y procesos analizando la posible generación o emisión de agentes o factores nocivos con objeto de eliminarlos o reducirlos a niveles aceptables.

Diseñar y recomendar estrategias de control y evaluar su eficacia.

Conocer el marco jurídico para la práctica de la Higiene Industrial: Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo N.º 19587, Ley N.º 24557 de Riesgos del Trabajo.

Tener conocimientos además de la siguiente legislación: IRAM, NFPA, ASME, ASTM, API, ISO, Normas de la Comunidad Europea, UNE, Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), entre otras.

El gerente de seguridad junto con el directorio de la empresa conformará el Manual de Higiene y Seguridad de la empresa el cual se encontrará dividido por sectores en función de las distintas actividades de la misma.

Tendrá a su cargo la elaboración de estadísticas normalizadas sobre accidentes, enfermedades de trabajo y antecedentes para determinar las causas y señalar las acciones de prevención.

Fijará principios orientadores para el departamento de administración del personal, a fin de que el RRHH pueda basarse en los riesgos de trabajo también, para la selección del personal de la empresa.

Será el encargado de difundir las recomendaciones y técnicas de prevención de modo que la empresa lleve a cabo actualizados modelos de gestión mediante capacitación y la mejora continua.

Establecerá las sanciones junto con la gerencia general.

#### *Autoridad*

Forma parte y ejerce supervisión directa sobre el servicio de guardia y portería.

Supervisa a los operarios de mantenimiento cuando estos se encuentran desarrollando tareas relativas a higiene y seguridad industrial.

#### *Especificación de la posición*

Formación requerida: Conocimientos en Sistemas de Seguridad.

#### *15.4.2.6 Gerente de Calidad*

##### *Funciones*

Definir la metodología para el control de los parámetros de calidad en el producto en proceso, producto final y materia prima.



Organizar las tareas del laboratorio.

Informar a la gerencia general, departamento comercial y departamento de producción, sobre la calidad de los productos elaborados.

### *Especificación de la posición*

Título profesional: Ingeniero Químico, carrera afín.

#### 15.4.3 Jefes de servicio

##### *15.4.3.1 Jefe de mantenimiento*

### *Misión*

Forma parte activa de los programas mantenimiento y reparación de equipos de proceso

Tiene a su cargo la ingeniería de detalle.

Mantiene informado a la gerencia departamental técnica sobre los programas de mantenimiento y frecuencia, y reparación de equipos de proceso.

### *Funciones*

Diseñar, planificar, coordinar y controlar las acciones sobre el sistema de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, para asegurar la máxima disponibilidad de los equipos.

### *Autoridad*

Ejerce autoridad directa sobre los técnicos de mantenimiento y el encargado de depósitos.

Mantenimiento y limpieza de edificios.

Personal auxiliar destinados a la cocina y al comedor.

*Especificación de la posición*

Título profesional: Ingeniero Mecánico, Ingeniero Eléctrico o Ingeniero Electromecánico.

*15.4.3.2 Jefe de producción*

*Misión*

Forma parte activa de los programas de puesta en marcha y parada de planta

Tiene a su cargo la ingeniería de procesos

Tiene a su cargo el control de calidad de productos.

*Funciones*

Control y supervisión directa sobre el proceso productivo.

Control y supervisión directa sobre la unidad de control de calidad de la planta: laboratorio de calidad.

*Autoridad*

Ejerce autoridad directa sobre los operarios involucrados en su área y sobre la unidad de control de calidad, es decir el laboratorio de análisis.

*Especificación de la posición*

Título profesional: Ingeniero Químico.

*15.4.3.3 Jefe de laboratorio*

*Misión*

Forma parte activa de los programas de control de calidad

Establece normas y especificaciones de acuerdo con la calidad de producto fijada en el plan de producción.

Mantiene informado a la gerencia departamental de producción de las técnicas de inspección y los ensayos de calidad.

Control de la calidad de sustancias en los puntos críticos de del proceso.

Control de emisiones y efluentes.

#### *Funciones*

Establece técnicas de inspección y ensayos de laboratorio

Elige el equipamiento de laboratorio.

Programa la toma de muestras y los correspondientes análisis químicos tanto a la materia prima, al producto en proceso y producto terminado, realizando los mismos en su turno de trabajo.

#### *Autoridad*

Tiene a su cargo a los auxiliares de laboratorio.

#### *Especificación de la posición*

Título profesional: Técnico universitario en química

### 15.4.4 Técnicos

#### *15.4.4.1 Auxiliar de Laboratorio*

#### *Misión*

Responsable del laboratorio en su turno horario

*Especificación de la posición*

Formación requerida: Técnico químico.

*15.4.4.2 Técnico en control*

*Misión*

Encargado del sistema de automatización en la planta en su turno horario

*Especificación de la posición*

Formación requerida: Técnico químico.

*15.4.4.3 Operarios*

*Misión*

Responsables de las tareas asignadas en el sector de la planta correspondientes a su puesto de trabajo.

Asegurar las condiciones de su lugar de trabajo establecidos por el servicio de higiene y seguridad de la planta.

*15.4.5 Personal tercerizado*

*15.4.5.1 Personal médico*

*Misión*

Responsables de las tareas asignadas por el jefe del servicio de higiene y seguridad industrial.

Actualizar, reponer y mantener los instrumentales y materiales médicos necesarios en la sala de emergencias.

*Especificación de la posición*

Personal capacitado en el área.

#### *15.4.5.2 Personal de seguridad*

##### *Misión*

Responsable directo de las porterías de la planta y responsable de la guardia nocturna de la planta.

Responsable de la seguridad de toda la planta.

Responsable de las llaves de todos los sectores de la planta, durante la guardia nocturna.

#### *15.4.5.3 Personal de limpieza*

##### *Misión*

Responsable directo de la higiene de los edificios administrativos.

#### *15.4.5.4 Personal de cocina y comedor*

##### *Misión*

Responsable directo de los servicios de comedor para el personal de la planta en los turnos horarios establecidos.

##### *Especificación de la posición*

Personal capacitado en el área.

### 15.4.6 Organigrama

#### 15.4.6.1 Organigrama de Departamentos

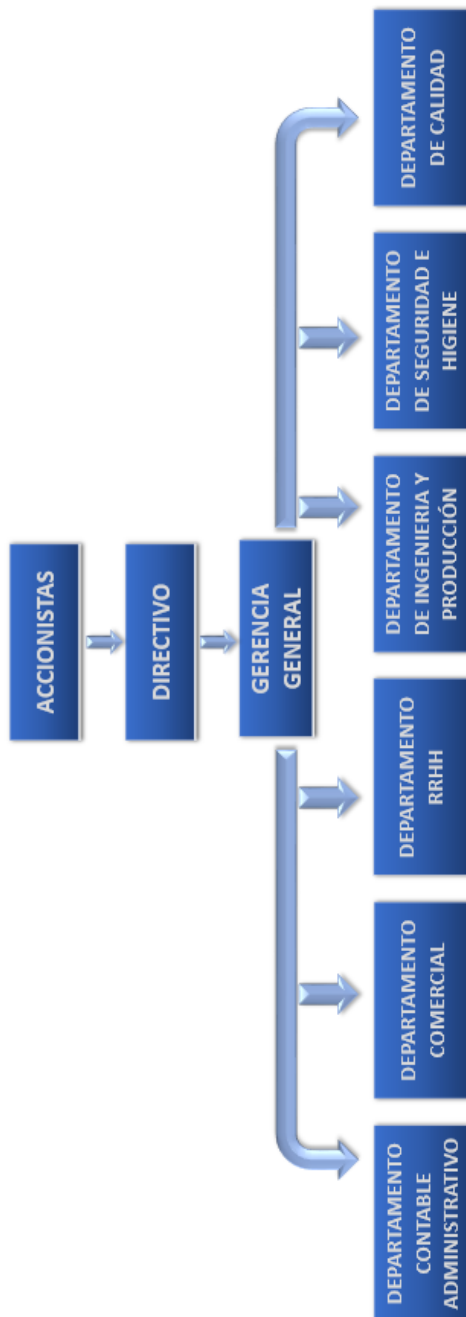


Ilustración 170: Organigrama de Departamentos

15.4.6.2 Organigrama de Personal

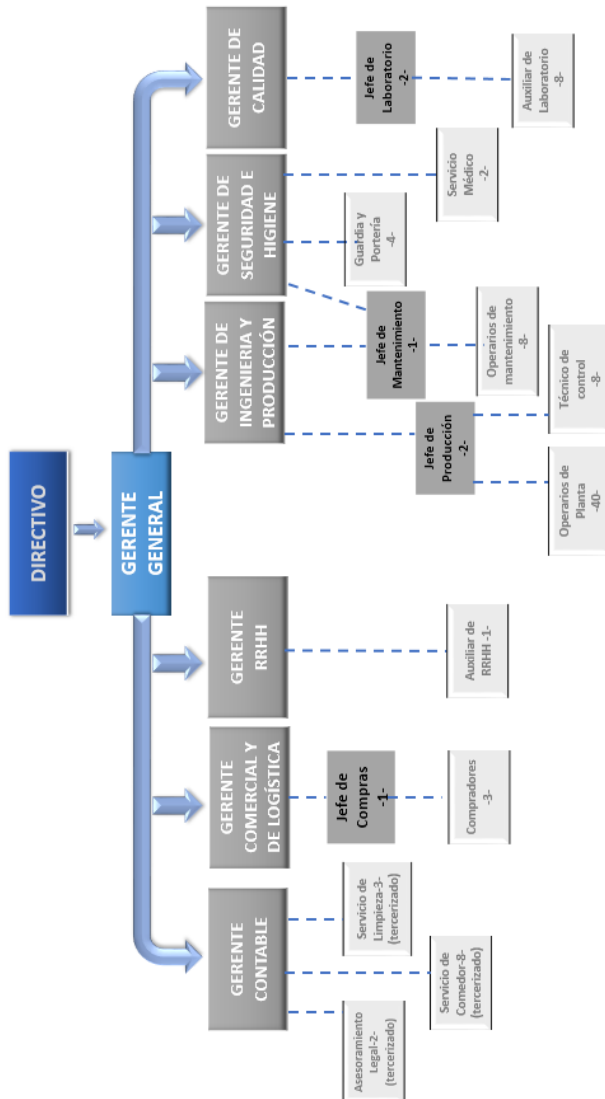


Ilustración 171: Organigrama del personal

15.5 Puestos de trabajo de cada área

A continuación, se detallan los puestos requeridos en cada departamento, el perfil correspondiente y la cantidad de personal necesario.

<i>Área</i>	<i>Puesto</i>	<i>Perfil</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Gerencia general</i>	<i>Gerente general</i>	<i>Licenciado en economía, contador, ingeniero especialista en administración, etc.</i>	<i>1</i>
<i>Comercial</i>	<i>Gerente comercial</i>	<i>Licenciado en marketing, Ingeniero Industrial o cualquier otro profesional con sólidos conocimientos en técnicas de marketing, servicio al cliente, etc.</i>	<i>1</i>
	<i>Jefe de compras</i>	<i>Ingeniero industrial</i>	<i>1</i>
	<i>Jefe de Ventas</i>	<i>Ingeniero industrial, marketing, afín</i>	<i>1</i>
	<i>Compradores</i>	<i>Ingeniero industrial</i>	<i>3</i>
<i>Contable y de finanzas</i>	<i>Gerente contable y de finanzas</i>	<i>Licenciado en Administración de Empresas, Contador, o Licenciado en Economía</i>	<i>1</i>
	<i>Asesoramiento legal</i>	<i>Abogado</i>	<i>2</i>
<i>RRHH</i>	<i>Gerente de RRHH</i>	<i>Licenciado en recursos humanos</i>	<i>1</i>
	<i>Auxiliar de RRHH</i>	<i>Técnico superior en recursos humanos</i>	<i>1</i>



<i>Higiene y seguridad</i>	<i>Gerente de seguridad e higiene</i>	<i>Ingeniero Químico, especialista en seguridad e higiene, Ingeniero Mecánico especialista</i>	<i>1</i>
<i>Ingeniería y producción</i>	<i>Gerente de ingeniería y producción</i>	<i>Ingeniero químico</i>	<i>1</i>
	<i>Jefe de producción</i>	<i>Ingeniero químico</i>	<i>2</i>
	<i>Operario</i>	<i>Secundario completo</i>	<i>40</i>
	<i>Jefe de mantenimiento</i>	<i>Ingeniero Mecánico, Electricista, Electromecánico</i>	<i>1</i>
	<i>Operario de mantenimiento</i>	<i>Técnico Mecánico, Electricista, Electromecánico</i>	<i>8</i>
	<i>Técnico de control</i>	<i>Técnicos Químicos, Técnico Universitario en Química</i>	<i>8</i>
<i>Control de Calidad</i>	<i>Jefe de laboratorio</i>	<i>Técnico Universitario en Química</i>	<i>2</i>
	<i>Auxiliar de laboratorio</i>	<i>Técnico Universitario en Química</i>	<i>8</i>

*Tabla 197: Puestos de trabajo en cada área*

<i>Área</i>	<i>Puesto</i>	<i>Perfil</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Servicio médico</i>	<i>Médico</i>	<i>Medico clínico</i>	<i>1</i>
	<i>Auxiliar médico</i>	<i>Enfermero o auxiliar de enfermería</i>	<i>1</i>
<i>Guardia y portería</i>	<i>Portería</i>	<i>Secundario completo</i>	<i>4</i>
<i>Limpieza</i>	<i>Personal de limpieza</i>	<i>Educación afín</i>	<i>3</i>
<i>Cocina y comedor</i>	<i>Personal de cocina y comedor</i>	<i>Educación afín</i>	<i>8</i>

*TOTAL DE EMPLEADOS* *100*

*Tabla 198: Continuación puestos de trabajo*

### 15.6 Diagrama de turnos

Como el proceso es continuo, la carga horaria de los operarios, se distribuye en 3 turnos de 8 horas cada uno, teniendo en cuenta el horario destinado al descanso y alimentación (de acuerdo al horario que se encuentre cumpliendo) y previendo el tiempo necesario para lavado de equipos si así fuera necesario. Para el personal dedicado a tareas administrativas y de mantenimiento y limpieza, el horario de trabajo será de: 8:00 a 17:00 horas de lunes a jueves y el día viernes será de 8:00 a 16:00 horas, completando así un total de 44 horas semanales.

En el caso de jefes del servicio de producción y mantenimiento, el horario constará de turnos de 8 horas y los mismos deberán estar a disposición de la empresa por cualquier eventualidad

que así lo requiera. El personal de seguridad, el del servicio médico y el personal de comedor tendrán la misma disponibilidad de horarios que los operarios.

El personal que rota forma cuatro grupos (A, B, C y D), cada uno de los cuales cumplen con seis jornadas de trabajo y descansa dos reintegrándose nuevamente al trabajo con otro horario.

Esta forma de trabajo garantiza la rotación del personal, con el fin de brindarle a cada trabajador el descanso requerido.

El personal de vigilancia debe cumplir con los tres turnos de trabajo, pero debido a que es un servicio tercerizado, la rotación del personal está a cargo de la empresa correspondiente. Por lo tanto, este personal no forma parte del plantel fijo de la empresa.

De acuerdo a esto, el esquema de rotación del personal de la planta es el siguiente:

**Proyecto Final- Ingeniería Química**  
**OBTENCIÓN DE ÁCIDO TEREFTÁLICO A PARTIR DE P-XILENO**



GRUPO DE TRABAJO								
SEMANA	TURNO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1	<i>Mañana (M)</i>	A	A	A	A	A	A	B
	<i>Tarde (T)</i>	B	B	B	B	C	C	C
	<i>Noche (N)</i>	C	C	D	D	D	D	D
2	<i>Mañana (M)</i>	B	B	B	B	B	C	C
	<i>Tarde (T)</i>	C	C	C	D	D	D	D
	<i>Noche (N)</i>	D	A	A	A	A	A	A
3	<i>Mañana (M)</i>	C	C	C	C	D	D	D
	<i>Tarde (T)</i>	D	D	A	A	A	A	A
	<i>Noche (N)</i>	B	B	B	B	B	B	C
4	<i>Mañana (M)</i>	D	D	D	A	A	A	A
	<i>Tarde (T)</i>	A	B	B	B	B	B	B
	<i>Noche (N)</i>	C	C	C	C	C	D	D
5	<i>Mañana (M)</i>	A	A	B	B	B	B	B

	<i>Tarde (T)</i>	C	C	C	C	C	C	D
	<i>Noche (N)</i>	D	D	D	D	A	A	A
6	<i>Mañana (M)</i>	B	C	C	C	C	C	C
	<i>Tarde (T)</i>	D	D	D	D	D	A	A
	<i>Noche (N)</i>	A	A	A	B	B	B	B
7	<i>Mañana (M)</i>	D	D	D	D	D	D	A
	<i>Tarde (T)</i>	A	A	A	A	B	B	B
	<i>Noche (N)</i>	B	B	C	C	C	C	C
8	<i>Mañana (M)</i>	A	A	A	A	A	B	B
	<i>Tarde (T)</i>	B	B	B	C	C	C	C
	<i>Noche (N)</i>	C	D	D	D	D	D	D

Tabla 199: Diagrama de turnos de trabajo

Cada uno de los grupos van a estar compuestos de la siguiente forma:

10 operarios de planta, dos operarios de mantenimiento, dos técnicos de control, dos auxiliares de laboratorio y dos personas del servicio de comedor.

## **Capítulo XVI**

### **16 ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO**

## 16.1 Introducción

La evaluación económica debe acompañar a la puesta en marcha del proyecto ya que es sumamente necesaria para poder llevarlo adelante.

En el presente capítulo se realizan las evaluaciones económicas adecuadas para determinar la viabilidad del proyecto y se pretende analizar si su puesta en marcha es factible o no.

Se cuantificará la inversión en activos que requiere el proyecto para la transformación de insumos, y la determinación del monto de capital de trabajo inicial requerido para el funcionamiento normal del proyecto después de su implementación. Si bien la mayor parte de las inversiones se deben realizar antes de la puesta en marcha de la planta, pueden existir inversiones que sea necesario realizar durante la operación. De igual forma, el capital de trabajo inicial puede verse aumentado o rebajado durante la operación, si se proyectan cambios en los niveles de actividad.

En primera instancia se calcula el monto necesario de la inversión, a partir de los activos fijos, activos nominales y capital de trabajo. Luego se procede al cálculo de los costos de producción, es decir costos directos, indirectos y gastos generales.

Se calcula también la depreciación, los costos de financiación y los ingresos por ventas, para finalmente poder determinar los flujos netos efectivos (FNE) del proyecto. Junto a estos y el valor de la TMAR, se pueden realizar los análisis económicos correspondientes, que indican si el proyecto es rentable o no. Como indicadores principales se utilizaron el valor actual neto, la tasa interna de recuperación, el período de recupero de la inversión y los análisis de sensibilidad correspondientes.

## 16.2 Inversiones

Las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto se agrupan en dos tipos: activos fijos y activos de trabajo.

Las inversiones en activos fijos son todas aquellas que se realizan en los bienes tangibles que se utilizarán en el proceso de transformación de insumos o que sirven de apoyo a la operación normal del proyecto.

Las inversiones en activos de trabajo son todas aquellas que se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto, como son los gastos de organización, las patentes y licencias, capacitación, imprevistos, intereses y cargos financieros pre operativos, es decir, constituye el conjunto de recursos necesarios, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, para una capacidad y tamaño determinado.

#### 16.2.1 Activos Fijos

Constituyen activos fijos, el terreno, las obras civiles, el equipamiento de la planta y oficinas, accesorios industriales, servicios auxiliares e infraestructura de dichos servicios.

Los mismos están sujetos a depreciación, ya que pierden su valor por el desgaste provocado por uso normal de los mismos.

El terreno es una excepción, no está sujeto a depreciación, se diferencia de los demás activos por su vida ilimitada.

El costo del terreno en Consorcio Industrial Ensenada se obtiene a través de la inmobiliaria Babenco y el valor se expresa en pesos argentinos; la conversión se hace según el precio del dólar venta dado por el Banco de la Nación Argentina en el día de la fecha. Los precios de cada una de las obras civiles se obtienen del Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales a Fines. En estos precios se encuentran contempladas las estructuras generales, los movimientos de suelos, las aislaciones, techos, revoques, pisos, solados, zócalos, revestimientos, carpintería, desagües cloacales y pluviales, instalación de agua caliente y fría, instalaciones de gas, artículos sanitarios y de grifería, instalación eléctrica, vidrios y pintura.



Dicha información se muestra en la siguiente tabla.

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>COSTO</b>
<b>TERRENOS</b>	40.040.000
<b>GALPONES</b>	
Zona de tanques e insumos	50.000.000
MP RecCat	89.536.000
Zona de Oxidación	89.536.000
Zona de Rec. Cat.	89.536.000
Zona de Purificación	111.920.000
Depósito y despacho PF	6.267.520
Taller de Mantenimiento	5.000.000
Sala de Caldera	4.476.800
Sala de Compresores	1.790.720
<b>SILOS DE ACOPIO PF</b>	1.400.000
<b>OFICINAS</b>	
Guardia	1.167.562
Zona Administrativa	8.262.747
Comedor	4.490.623
Vestuarios	4.490.623

Enfermería	2.469.842
Laboratorio y Of. Superv.	3.098.530
<b>ZONAS ABIERTAS</b>	
Estacionamiento	1.078.000
Recepción MP	308.000
Zona Columnas	500.000
Zona tanque H2	150.000
Zona torre de enf.	200.000
<b>ALUMB. PERIMET.</b>	1.080.000
<b>PAVIMENTOS INTERNOS</b>	5.134.000
<b>BASCULA P/CAMIONES</b>	400.000
<b>PARQUIZACION</b>	2.000.000
<b>CERCO PERIMETRAL</b>	7.500.000
<b>TOTAL C/ IVA</b>	531.832.967
<b>TOTAL</b>	<b>531.832.967</b>

Tabla 200

En las tablas que se encuentran a continuación se detallan los equipos, dispositivos y demás elementos necesarios para llevar adelante la producción de ácido tereftálico, como son tanques, intercambiadores de calor, bombas, calderas, torres de enfriamiento, compresores, entre otros.

Se especifica el precio de cada uno de ellos, el cual se ha estimado no sólo con el tipo de equipo y sus dimensiones, sino además teniendo en cuenta el material con el que se deben construir cada uno de ellos y sus especificaciones.

La fuente utilizada para extraer el costo de dichos equipos es un calculador: Matches 275 Equipment Cost Estimates y en otros casos han sido facilitados por los fabricantes. Sobre el costo total del equipo se considera un valor de 1 % del mismo en concepto de flete y seguro al momento del transporte.

EQUIPO	PRECIO UNITARIO	N °	COSTO TOTAL	FLETE Y OTROS	COSTO TOTAL	IVA
<b>TANQUES</b>						
<b>P-xileno</b>	13.600.000	2	27.200.000	272.000	27.472.000	2.856.000
<b>Agua</b>	300.000	1	300.000	3.000	303.000	31.500
<b>Ácido Acético</b>	14.570.000	3	43.710.000	437.100	44.147.100	4.589.550
<b>Ácido Acético glacial</b>	3.000.000	1	3.000.000	30.000	3.030.000	315.000
<b>Hidrógeno</b>	1.000.000	1	1.000.000	10.000	1.010.000	105.000
<b>Ac. Bromhídrico</b>	900.000	1	900.000	9.000	909.000	94.500
<b>Acetato de Co</b>	1.560.000	1	1.560.000	15.600	1.575.600	163.800
<b>Acetato de Mn</b>	36.000	1	36.000	360	36.360	3.780

<b>Mezcla de MP</b>	18.906.250		18.906.250	189.063	19.095.313	1.985.156
<b>TPA crudo</b>	10.100.000		10.100.000	101.000	10.201.000	1.060.500
<b>Dilución de Cristales</b>	23.750.000		23.750.000	237.500	23.987.500	2.493.750
<b>REACTORES</b>						
<b>Oxidación</b>	33.600.000	1	33.600.000	336.000	33.936.000	3.528.000
<b>Purificación</b>	25.422.666	1	25.422.666	254.227	25.676.893	2.669.380
<b>Rec. Catalizador</b>	31.800.000	1	31.800.000	318.000	32.118.000	3.339.000
<b>CRISTALIZADORES</b>						
<b>Cristalizador 01</b>	2.750.000		2.750.000	27.500	2.777.500	288.750
<b>Cristalizador 02 /03</b>	3.300.000	2	6.600.000	66.000	6.666.000	693.000
<b>Cristalizador 04/05</b>	5.700.000	2	11.400.000	114.000	11.514.000	1.197.000
<b>CONDENSADORES</b>						
<b>Condensador E-101</b>	3.280.200	1	3.280.200	32.802	3.313.002	344.421
<b>Condensador E-102/103/104</b>	246.015	3	738.045	7.380	745.425	77.495
<b>Condensador E-301</b>	3.725.370	1	3.725.370	37.254	3.762.624	391.164
<b>Condensador E-302</b>	878.625	1	878.625	8.786	887.411	92.256

<b>INTERCAMBIADORES</b>						
<b>E-303</b>	410.025	1	410.025	4.100	414.125	43.053
<b>E-304</b>	1.253.505	1	1.253.505	12.535	1.266.040	131.618
<b>E-305</b>	257.730	1	257.730	2.577	260.307	27.062
<b>E-306</b>	515.460	1	515.460	5.155	520.615	54.123
<b>E-307</b>	1.124.640	1	1.124.640	11.246	1.135.886	118.087
<b>Aero enfriador CO-301</b>	820.050	1	820.050	8.201	828.251	86.105
<b>Secador Rotatorio D-101/201</b>	8.500.000	2	17.000.000	170.000	17.170.000	1.785.000
<b>Decantador Centrífugo S- 101/202/301</b>	12.920.000	3	38.760.000	387.600	39.147.600	4.069.800
<b>Silo de TPA SL- 201</b>	5.780.000	1	5.780.000	57.800	5.837.800	606.900
<b>Columna de Destilación C-301</b>	14.042.800	1	14.042.800	140.428	14.183.228	1.474.494
<b>Columna de Destilación C-302</b>	15.503.200	1	15.503.200	155.032	15.658.232	1.627.836
<b>Incinerador F-301</b>	9.012.040	1	9.012.040	90.120	9.102.160	946.264
<b>Filtro de Mangas FIL-301</b>	385.000	1	385.000	3.850	388.850	40.425
<b>Columna de Absorción</b>	10.421.040	1	10.421.040	104.210	10.525.250	1.094.209

<b>Calderas</b>	24060270	2	48.120.540	481.205	48.601.745	5.052.657
<b>Torre de Enfriamientos</b>	2.195.580	4	8.782.320	87.823	8.870.143	922.144
<b>Compresores</b>	4.754.600	1	4.754.600	47.546	4.802.146	499.233
<b>Bombas</b>	17.959.186	1	17.959.186	179.592	18.138.778	1.885.715
<b>Generador de aire caliente</b>	1.544.000	2	3.088.000	30.880	3.118.880	324.240
<b>TOTAL</b>			448647292	4486473		48050125

Tabla 201

El monto total del IVA incluye el 21% de las maquinarias y equipos y además se le sumo el 1% de los fletes. Los muebles y electrodomésticos necesarios para un correcto equipamiento de las oficinas, se presentan a continuación junto a sus respectivos costos, que fueron solicitados a proveedores.

Mueble y/o útil	Cantidad	Costo unidad	x Costo total	I.V.A.
Computadora de mesa	11	17000	187000	39270
Notebook básica	10	30000	300000	63000
Escritorio	14	10000	140000	29400
Sillas	100	2500	250000	52500
Sillón de escritorio	9	7000	63000	13230
Impresora grande	1	25000	25000	5250
Impresora	6	7000	42000	8820

Proyector	2	40000	80000	16800
Pantalla	2	5000	10000	2100
Heladera	5	35000	175000	36750
Frigobar	3	20000	60000	12600
Freezer	1	25000	25000	5250
Mesa capacitación	3	40000	120000	25200
Mesa oval grande	3	55000	165000	34650
Bancos	10	3500	35000	7350
Microondas	2	11000	22000	4620
Cocina	3	30000	90000	18900
Alacena	4	4200	16800	3528
Dispenser	10	13000	130000	27300
Productos de librería	1	50000	50000	10500
Caja fuerte y contadora de billetes	1	8000	8000	1680
Archivero	7	10000	70000	14700
Televisor	2	25000	50000	10500
Lockers (vienen x 3)	25	15000	375000	78750

Perchero	13	3500	45500	9555
Aire acondicionado	17	24000	408000	85680
Calefactor	17	12000	204000	42840
Armario	12	21800	261600	54936
Camilla	1	16000	16000	3360
Botiquín	5	3750	18750	3937,5
Mesada	6	6000	36000	7560
TOTAL			3478650	730516,5

Tabla 202

A continuación, se detallan los accesorios industriales, como son caudalímetros, sensores, cañerías, válvulas y todo lo necesario para el equipamiento del laboratorio.

Los equipos detallados en la tabla se seleccionaron en base a las técnicas que deben ser desarrolladas a lo largo del proceso, las cuales se describen en el capítulo “Control de calidad”.

Los costos se obtuvieron de un calculador: Matches 275 Equipment Cost Estimates.

Accesorio	Unidad	Costo x unidad	Costo total	I.V.A.
Sensores de T	12	1570	18840	3956,4
Sensores de P	12	215	2580	541,8
Sensores de Nivel	25	1610	40250	8452,5



Válvulas (D=0,04m)	45	715	32175	6756,75
Válvulas (D=0,01m)	6	112	672	141,12
Válvulas (D=0,25m)	11	3425	37675	7911,75
Caudalímetro 9"	5	43126	215630	45282,3
Caudalímetro 1 y 1/2"	20	2100	42000	8820
Caudalímetro 3/8"	16	1700	27200	5712
Cañerías 9"	170	2310	392700	82467
Cañerías 1 y 1/2"	47	71,5	3360,5	705,705
Cañerías 3/8"	215	512	110080	23116,8
Grupo electrógeno	1	471000	471000	98910
Termo Balanza	2	35000	70000	14700
Balanza de Laboratorio	1	15000	15000	3150
Micro balanza	1	22500	22500	4725
pH metro digital	2	26000	52000	10920
Termómetro Digital	4	4157	16628	3491,88
Vaso de Precipitado	7	258	1806	379,26
Erlenmeyer	7	55	385	80,85
Pipetas graduadas	10	172	1720	361,2

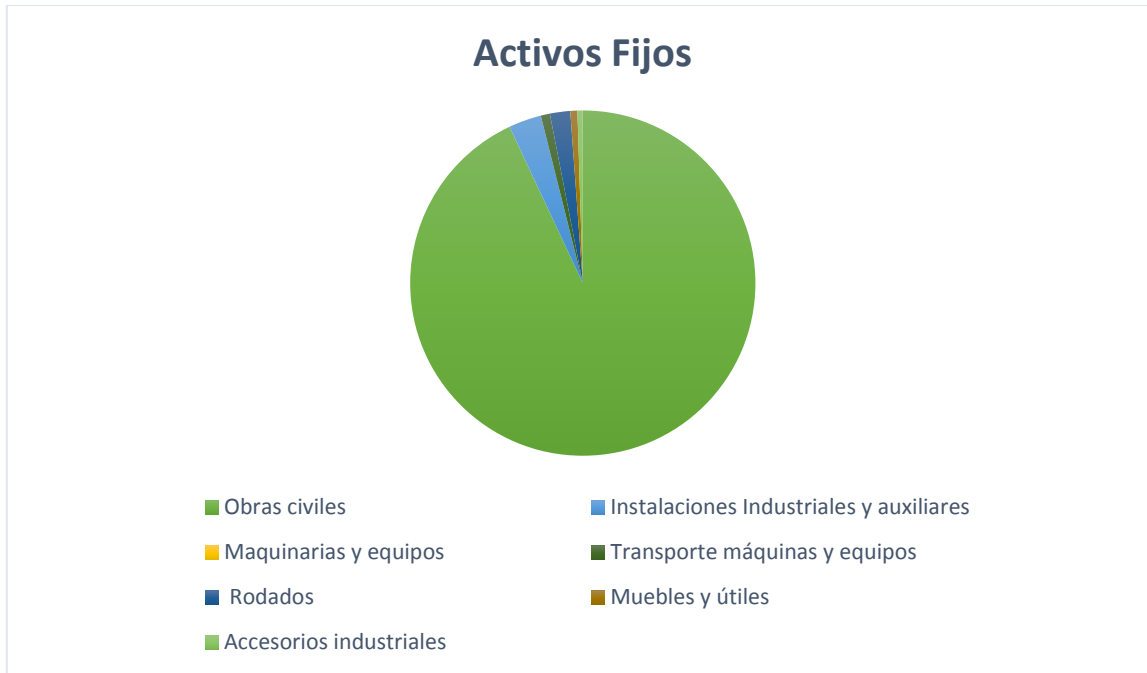
Probeta	5	77	385	80,85
Bureta	2	260	520	109,2
Agitador Magnético	1	2815	2815	591,15
Matraz aforado	8	191	1528	320,88
Tubo de ensayo	10	25	250	52,5
Conductímetro	1	6570	6570	1379,7
Titulador automático	1	26730	26730	5613,3
Cromatógrafo fase gaseosa	1	390000	390000	81900
Densímetro	7	699	4893	1027,53
Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X	1	91000	91000	19110
Cromatógrafo TCD	1	355000	355000	74550
Espectrofotómetro	1	130020	130020	27304,2
Equipo de electroforesis	1	45000	45000	9450
<b>TOTAL</b>			2628912,5	552071,625

Tabla 203

Se detalla en la siguiente tabla el monto total necesario para activos fijos y se interpretan en el gráfico a continuación.

<b>ACTIVOS FIJOS</b>	
Obras civiles	489503040
Instalaciones Industriales y auxiliares	16114000
Maquinarias y equipos	448647292
Transporte máquinas y equipos	4486473
Rodados	10000000
Muebles y útiles	3478650
Accesorios industriales	2628913
<b>TOTAL</b>	<b>974858367</b>

Tabla 204



Gráfica 13: Representación de Activos Fijos

#### 16.2.2 Amortización y Depreciación de Bienes

Los activos fijos están sujetos a depreciación, ya que pierden su valor por el desgaste provocado por uso normal de los mismos. El terreno es una excepción, no está sujeto a depreciación, se diferencia de los demás activos por su vida ilimitada.

Tanto la depreciación como la amortización, presentados en la siguiente tabla, hacen referencia al desgaste o agotamiento que sufre un activo en la medida que con su utilización contribuye a la generación de los ingresos de la empresa. La única diferencia importante a resaltar, es el tipo de activo sobre el que se aplica cada concepto. Mientras la depreciación hace referencia exclusivamente a los activos fijos, la amortización hace referencia a los activos intangibles y a los activos diferidos.

Los cargos anuales se calculan con base en los porcentajes de depreciación permitidos por las leyes impositivas. El porcentaje de amortización dependerá de la cantidad de años de vida útil que tenga el bien de uso. Los porcentajes máximos de Amortización anual son establecidos por la AFIP (Administradora Federal de Ingresos Públicos).

Denominación	Vida Útil	% amortización
<b>Inmuebles</b>	50 años	2% anual
<b>Instalaciones</b>	10 años	10% anual
<b>Muebles y útiles</b>	10 años	10% anual
<b>Maquinarias y equipos industriales</b>	10 años	10% anual
<b>Accesorios industriales</b>	10 años	10% anual
<b>Rodados</b>	5 años	20% anual

Tabla 205

Denominación	Valor	Depreciación anual		Valor de Salvamento
		Tasa anual %	Valor	
<b>Inmuebles</b>	40040000	2%	800800	32032000
<b>Instalaciones</b>	465577040	10%	46557704	0
<b>Muebles y útiles</b>	3478650	10%	347865	0
<b>Maquinarias y equipos industriales</b>	448647292	10%	44864729,2	0
<b>Accesorios industriales</b>	2628913	10%	262891,3	0
<b>Rodados</b>	10000000	20%	2000000	0
<b>TOTAL</b>			32032000	

Tabla 206

El valor de salvamento se refiere al monto de un activo disponible al final de su vida útil. En este caso sería el valor que tendría el bien una vez que haya finalizado el periodo en estudio de 10 años. Es por ello que los rubros para los que el valor de amortización es del 10% anual llegan a tener un valor de salvamento igual a cero en el año 10.

### 16.2.3 Activos Nominales y Capital de trabajo

En la tabla que se encuentra a continuación se muestran los gastos de planeación, supervisión y administración del proyecto, puesta en marcha inicial y puestas en marcha temporales, costo de automatización y gastos imprevistos.

Para los costos de planeación se considera un 3% de los activos fijos. Respecto a supervisión un 1,5% de activos fijos y para administración un 1% de activos fijos.

La puesta en marcha de la planta en el año 1 se estima como el 5 % de la inversión en equipos y maquinarias. No se considera costo alguno respecto a las puestas en marcha temporales luego de cada parada anual, ya que se considera que no se pierde materia prima ni insumos, y además los gastos de mano de obra, electricidad y demás no varían respecto a los meses normales de trabajo. En el caso de Imprevistos, se estiman como un 2% de maquinarias y equipos industriales. Aquí se tienen en cuenta los equipos requeridos no considerados en la inversión fija. Los seguros se estiman como un 1% de los activos fijos.

Una vez instalada y puesta en marcha la planta, es necesario cubrir ciertos gastos antes de percibir ingresos. Desde el momento que se compran insumos o se pagan sueldos, se incurren en gastos a ser cubiertos por el capital de trabajo en tanto no se obtengan ingresos por la venta del producto final. Para su estimación se tuvo en cuenta el gasto de materia prima, insumos, gas y electricidad que se tiene en el primer año de producción.

<b>Denominación</b>	<b>Valor</b>
<b>Costos de Planeación</b>	29245751
<b>Supervisión</b>	9748584
<b>Gastos Administrativos</b>	9748584
<b>Puesta en Marcha</b>	22432365
<b>Seguros</b>	9748584

<b>Imprevistos</b>	8972946
<b>Capital de trabajo</b>	1090127360
<b>TOTAL</b>	1180024174

Tabla 207



Gráfica 14: Representación de los Activos Nominales

#### 16.2.4 Inversión Total

A continuación, se muestra el total de inversión para el proyecto, el cual se calcula en función de los activos fijos, nominales y el capital de trabajo.

<b>Inversión</b>	<b>Valor</b>
<b>Activos Fijos</b>	974858367
<b>Activos Nominales</b>	89896814
<b>Capital de Trabajo</b>	1090127360

<b>IVA 21</b>	346026187
<b>IVA 10,5 (Bienes de Capital)</b>	47107966
<b>TOTAL</b>	2548016694

Tabla 208

### 16.3 Costos de Producción

En esta sección será necesario calcular los costos directos, indirectos y gastos generales.

#### 16.3.1 Costos Directos

Son aquellos que corresponden a la fabricación del producto. Se encuentran costos directos de materias primas, mano de obra, insumos y servicios.

##### 16.3.1.1 Materias Primas

En la tabla siguiente se resumen los costos directos de la materia prima necesaria para producir durante el período en estudio de 10 años. El costo de cada materia prima fue brindado por sus respectivos proveedores, dicha información se encuentra detallada con mayor precisión en el capítulo “Estudio de Mercado”.

<b>Materia Prima</b>	<b>Total</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo unitario s/ IVA</b>	<b>Total</b>
<b>p-xileno</b>	139120800	Kg	79,37	11042017896
<b>ácido acético</b>	26316704	Kg	52	1368468608
<b>hidrógeno</b>	27720	Kg	775	21483000
<b>TOTAL</b>				12431969504

Tabla 209



### 16.3.1.2 Insumos

A continuación, se muestra el consumo y costo de los insumos, catalizadores y envases. El precio del catalizador y sus proveedores, se encuentra detallado en el capítulo “Estudio de Mercado”.

<b>Insumos</b>				
<b>acetato de manganeso</b>	20	Kg	129	2580
<b>acetato de cobalto</b>	1000	Kg	2040	2040000
<b>acido bromhídrico</b>	1066800	Kg	115,6	123322080
<b>Catalizador de Hidrog.</b>	1200	Kg	4760	5712000
<b>Bolsas</b>	198000	unidad	136	26928000
<b>TOTAL</b>				158004660

Tabla 210

### 16.3.1.3 Servicios

Para el caso de los servicios agua, gas natural y electricidad se los considera como vinculados directamente al proceso. Por lo tanto, se muestra el consumo anual y costo de los mismos.

La tarifa correspondiente al gas natural fue obtenida de la empresa prestadora del servicio que es Litoral Gas, de Transportadora de Gas del Norte S.A. Para el caso del agua, directamente se considera sin costo alguno ya que el abastecimiento dentro del Consorcio Industrial Ensenada se realiza por medio de una perforación por cada parcela. Y respecto al costo de la energía eléctrica se tomó del Cuadro Tarifario Resolución ENRE N° 25/2019, Empresa Distribuidora de Pampa Energía. para la provincia de Buenos Aires.

Servicio	Consumo	Unidad	Valor Unitario	Total
<b>Energía Eléctrica</b>	66318189	kw	2,34	155184562,3
<b>Gas</b>	119952000	m3	0,12	14394240
<b>Agua</b>	924000	m3	0	0
<b>TOTAL</b>				169578802,3

Tabla 211

#### 16.3.1.4 Mano de obra

El costo directo de mano de obra corresponde a los supervisores de producción y operarios de producción y calidad. Respecto a los operarios se calcula teniendo en cuenta la carga horaria determinada en el capítulo “Organización de la empresa” y el precio de la hora trabajada se extrae del Convenio Colectivo de Trabajo de Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas, Provincia de Buenos Aires, Convenio 564/09 de Químicos y Petroquímicos.

Para el caso de supervisores y jerárquicos se tienen en cuenta valores estimativos obtenidos de la industria.

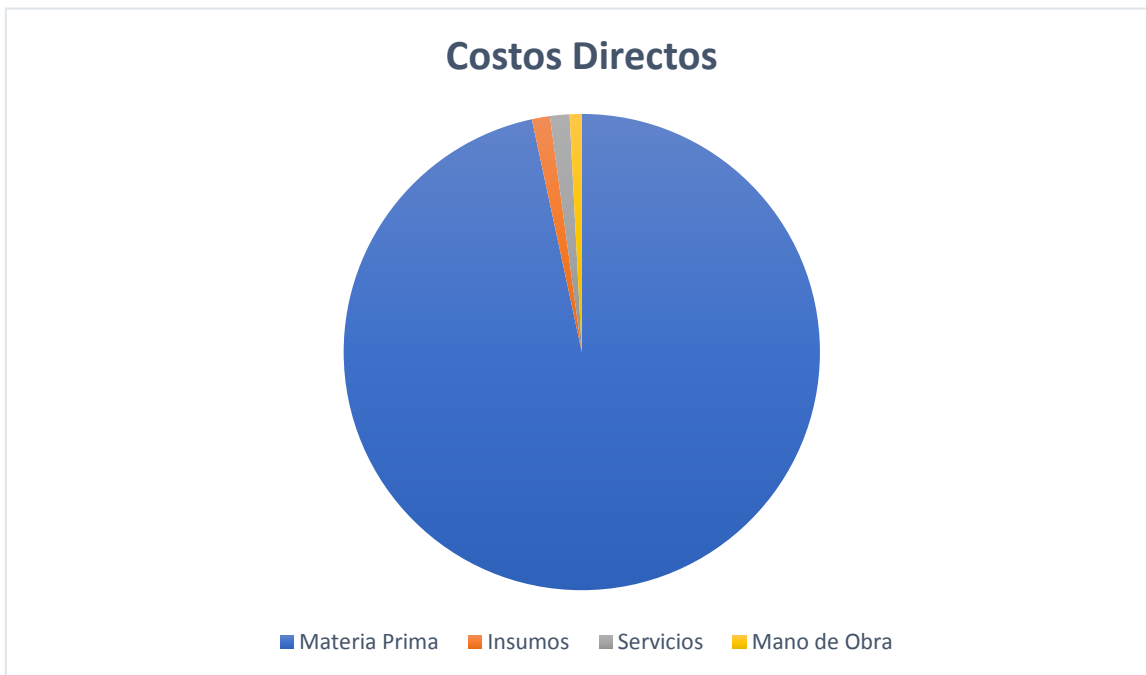
Sector	Cargo	Cantidad de Personal	Jornal por hora	Gasto anual nominal	Cargas Sociales 45%	Gasto Total Anual
<b>Oxidación</b>	Operario	12	215	21672000	9752400	31424400
<b>Purificación</b>	Operario	12	215	21672000	9752400	31424400
<b>Rec. Cat.</b>	Operario	12	215	21672000	9752400	31424400
<b>Planta</b>	Encargado	4	232,86	7824096	3520843	11344939
<b>Total</b>						105618139

Tabla 212

*16.3.1.5 Total*

<b>Costo Directo</b>	Total
<b>Materia Prima</b>	12431969504
<b>Insumos</b>	158004660
<b>Servicios</b>	169578802,3
<b>Mano de Obra</b>	105618139

*Tabla 213*



*Gráfica 15: Representación de Costos Directos*

**16.3.2 Costos Indirectos**

Los costos indirectos se componen por la mano de obra indirecta (jefes de producción, choferes, personal de reparación y mantenimiento, personal de limpieza, guardias de seguridad, etc.); los materiales indirectos (repuestos, combustibles y lubricantes, útiles de

aseo), y los gastos indirectos, como energía (electricidad, gas, vapor), comunicaciones (teléfono, radio, fax, intercomunicadores), seguros, arriendos, depreciaciones, etc.

Se consideraron principalmente como costo indirecto el sueldo de aquellas personas que no intervienen directamente en la transformación de la materia prima.

Sus jornales se calcularon en función de las horas detalladas en el capítulo “Organización de la empresa”. Lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Sector	Cargo	Cantidad de Personal	Remuneración mensual	Gasto anual Nominal	Cargas Sociales 45.00%	Gasto total Anual
<b>Mantenimiento</b>	Operario	8	163008	16.952.832	7.628.774	24.581.606
<b>Mantenimiento</b>	Técnico de control	8	163008	16.952.832	7.628.774	24.581.606
<b>Control de Calidad</b>	Auxiliar Lab	8	163008	16.952.832	4.746.793	21.699.625
<b>TOTAL</b>						<b>70862838</b>

Tabla 214

Sector	Cargo	Cantidad de Personal	Remuneración Mensual	Gasto anual nominal	Cargas Sociales 28,00%	Gasto Total Anual
<b>Ventas</b>	Jefe	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>Compras</b>	Jefe	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>Compra</b>	Auxiliar	3	151008	5889312	1649007	7538319
<b>Total</b>						<b>5876183</b>

Tabla 215

Se consideran además como costos indirectos a los de mantenimiento y seguros e impuestos. Para el primer caso se estima el 2% del costo total de los equipos, se considera el mantenimiento realizado sobre los distintos equipos de la planta que intervienen sobre el proceso de producción. Para el segundo caso, de seguros e impuestos se considera un 1 % de los activos fijos.

Denominación	Valor
Mantenimiento	4501345
Seguros e impuestos	3389723
<b>TOTAL</b>	<b>7891068</b>

Tabla 216

### 16.3.3 Gastos Generales

Se consideran gastos generales a los que son comunes a diversas áreas organizativas de la empresa.

Son aquellos costos relacionados al proyecto que no intervienen directamente, sino que sirven de apoyo o complemento para el logro de la meta u objetivos. Pueden ser ejecutados en el lugar de la obra o desde otras instalaciones ajenas a ella, y son derivados de la propia actividad empresarial o de administración, por lo que no pueden ser incluidos dentro de las partidas de las obras o de los costos directos.

Consideramos dentro de los gastos generales a los costos de administración, lo cual implica no sólo los sueldos del gerente, contadores, auxiliares, secretarias, sino también los gastos de oficina en general.

Para gastos de administración, en general, sin considerar sueldos, se estima un 0,1% del costo de producción total. Además, se ubica dentro de gastos generales a los costos de comercialización, para el cual también se estima el 0,1% del costo de producción total. Y por

lo tanto a los gastos relacionados al departamento de ventas o también llamado mercadotecnia.

Los gastos generales se resumen a continuación.

<b>Sector</b>	<b>Cargo</b>	<b>Cantidad de personal</b>	<b>Remuneración mensual</b>	<b>Gasto anual nominal</b>	<b>Cargas sociales 28%</b>	<b>Gasto total anual</b>
<b>Gerencia General</b>	Gerente	1	191296	2486848	696317	3183165
<b>Comercial</b>	Gerente	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>Contable y Finanzas</b>	Gerente	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>RRHH</b>	Gerente	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>Higiene y Seguridad</b>	Gerente	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>Ing. Y producción</b>	Gerente	1	176568	2295384	642708	2938092
<b>Contable y Finanzas</b>	Asesor Lega	2	163008	4238208	1186698	5424906
<b>RRHH</b>	Auxiliar	1	151008	1963104	549669	2512773
<b>Ing. Y producción</b>	Jefe Prod	2	163008	4238208	1186698	5424906
<b>Ing. Y producción</b>	Jefe Mant	1	163008	2119104	593349	2712453
<b>Control de Calidad</b>	Jefe Lab	2	163008	4238208	1186698	5424906
<b>Enfermería</b>	Medico	1	163008	2119104	593349	2712453
<b>Enfermería</b>	Auxiliar	1	151008	1963104	549669	2512773
<b>Comedor</b>	Auxiliar	8	151008	15704832	4397353	20102185
<b>Portería</b>	Guardia	4	151008	7852416	2198676	10051092

<b>Limpieza</b>	Auxiliar	3	151008	5889312	1649007	7538319
<b>TOTAL</b>						<b>82290391</b>

Tabla 217

Denominación	Valor
<b>Gastos Administrativos</b>	13160188
<b>Gastos de Comercialización</b>	13160188
<b>TOTAL</b>	26320376

Tabla 218

#### 16.3.4 Costos de Producción Total

Costo	Total
<b>Directo</b>	12865171105,3
<b>Indirecto</b>	84630089
<b>Gastos Generales</b>	108610767
<b>TOTAL</b>	13058411961,3

Tabla 219



Gráfica 16: Representación de los Costos Totales de Producción

#### 16.4 Gasto de Financiación

A través del Banco Nación de la República Argentina, se obtiene un crédito igual al monto de Inversiones Fijas que requiere el proyecto para su desarrollo. Dicho crédito es en pesos argentinos, a pagar en un plazo de 10 años (120 meses) con una tasa nominal del 22% anual (TNA).

El interés que se debe pagar cada año se calcula mediante el sistema francés. Se detalla en la tabla siguiente la amortización del crédito.

AÑO	CAPITAL	INTERÉS	CUOTA	SALDO
<b>0</b>	-	-	-	2548016693
<b>1</b>	79.098.955,94	552.901.558,66	632.000.514,60	2.468.917.737,06
<b>2</b>	98.367.190,93	533.633.323,67	632.000.514,60	2.370.550.546,13
<b>3</b>	122.329.102,02	509.671.412,58	632.000.514,60	2.248.221.444,12
<b>4</b>	152.128.052,65	479.872.461,95	632.000.514,60	2.096.093.391,46



<b>5</b>	189.185.925,69	442.814.588,91	632.000.514,60	1.906.907.465,78
<b>6</b>	235.270.969,78	396.729.544,82	632.000.514,60	1.671.636.496,00
<b>7</b>	292.582.172,91	339.418.341,69	632.000.514,60	1.379.054.323,09
<b>8</b>	363.854.189,00	268.146.325,60	632.000.514,60	1.015.200.134,09
<b>9</b>	452.487.824,31	179.512.690,29	632.000.514,60	562.712.309,78
<b>10</b>	562.712.309,87	69.288.204,73	632.000.514,60	0,00

Tabla 220

La empresa se compromete a cancelar una cantidad constante al finalizar cada periodo de tiempo. La cuota a pagar se divide en dos partes, la primera para cancelar la amortización de una parte del capital tomado en préstamo y la segunda para cancelación de intereses. El sistema francés comprende un pago mayor de interés al comienzo y menos capital. Esta proporción se va invirtiendo a lo largo de la cancelación del crédito, como se pueden observar en la tabla. Al final del período estimado el saldo debe ser de \$0.

## 16.5 Costo Total

En la tabla siguiente se resume el cálculo de los costos totales de lo vendido. Se muestran los costos fijos y variables en los que se incurren en el proyecto, y se muestra además el ingreso total por ventas, calculado en función del volumen de producción estimado y el precio de venta del ácido tereftálico purificado a granel teniendo en cuenta los valores del mismo a la hora de la importación a través de la página Scavage.

### 16.5.1 Ventas

La capacidad productiva de la planta es de 198000 t/año y para el proceso de producción, se considera que la industria opera durante las 24 horas del día durante 350 días del año, quedando el resto de los días dispuestos a tareas de mantenimiento. A continuación, se enuncian las cantidades producidas de TPA:

- Producción anual: 198000 t/año

- Producción diaria: 566 t /día

- Producción horaria: 24 t/hora

Actualmente el precio comparativo con FOB es de US\$ 1000/ t de TPA y teniendo una conversión del dólar con respecto al Banco Central a \$88,4 (\$68.63 + 30%), el precio de la tonelada de Ácido Tereftálico queda en \$88400/tn.

El precio es competitivo, ya que se encuentra entre 1000-1300U\$s/tn en el mercado internacional.

Con estos datos es posible realizar una estimación de las ventas.

#### Volumen de Producción

Factor de producción		0,955	0,959	0,962	0,965	0,968	0,971	0,975	0,978	0,981	1,000
ÁCIDO TEREFTÁLICO	UN.	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Producto	t	189.179	189.810	190.440	191.071	191.702	192.333	192.964	193.595	194.227	198.000

Tabla 221

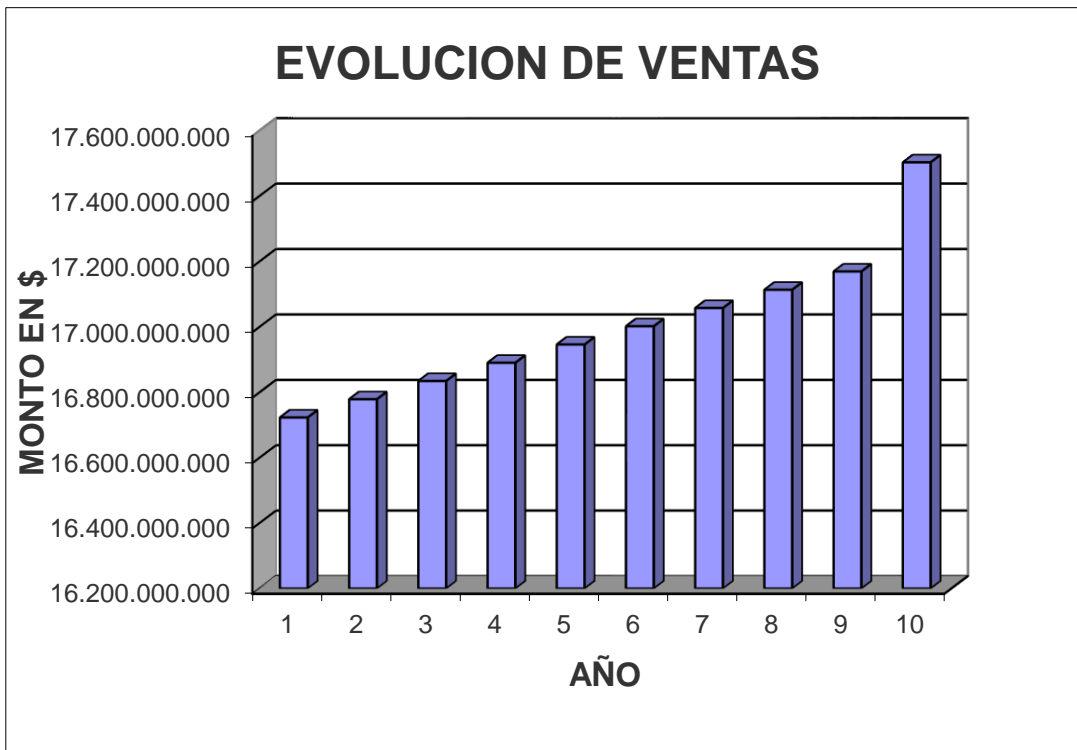
#### Monto Total Anual

<b>PROD</b>	Precio UNIT	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>Prod.</b>	88.400	16.723.393.544	16.779.204.000	16.834.896.000	16.890.676.400	16.946.456.800
<b>TOTAL</b>		16.723.393.544	16.779.204.000	16.834.896.000	16.890.676.400	16.946.456.800

Tabla 222

PRODUCTOS	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>Producto</b>	17.002.237.200	17.058.017.600	17.113.798.000	17.169.666.800	17.503.200.000
<b>TOTAL</b>	17.002.237.200	17.058.017.600	17.113.798.000	17.169.666.800	17.503.200.000

Tabla 223



Gráfica 17: Evolución de ventas

### 16.5.2 Gastos Fijos, Variables y Ventas

En toda actividad existen dos tipos de gastos: los fijos y los variables.

Los gastos variables son los que están relacionados directamente con el volumen de producción de tal forma que, a medida que aumentan las unidades producidas, también aumentan los gastos. Se trata de:

- Compras de materias primas, de productos semiterminados o de productos terminados, es decir, del producto que vas a vender o de los materiales para poder fabricarlo. Aquí también se incluyen las compras de otros productos necesarios para poder hacer las ventas como son por ejemplo las cajas, bolsas y/o envoltorios del packaging.
- Servicios subcontratados: tareas relacionados con la fabricación del producto que has decidido externalizar.
- Gastos de transporte de las materias primas, los productos semiterminados o los productos terminados. También se incluyen los gastos de transporte para enviar el producto al cliente.
- Descuentos sobre ventas: si haces descuentos por volumen (rappels) o por pronto pago, debes considerar la cantidad descontada como un gasto más.

Los gastos fijos son los que vas a tener por el mero hecho de que tu negocio esté en marcha. El hecho de que estos gastos se denominen fijos no quiere decir que los vayas a tener que afrontar todos los meses, sino que este concepto simplemente se refiere a que no dependen del volumen de producción/ventas. Algunos de estos gastos sí serán recurrentes, pero habrá otros gastos fijos que tendrán carácter puntual como por ejemplo los de reparaciones.

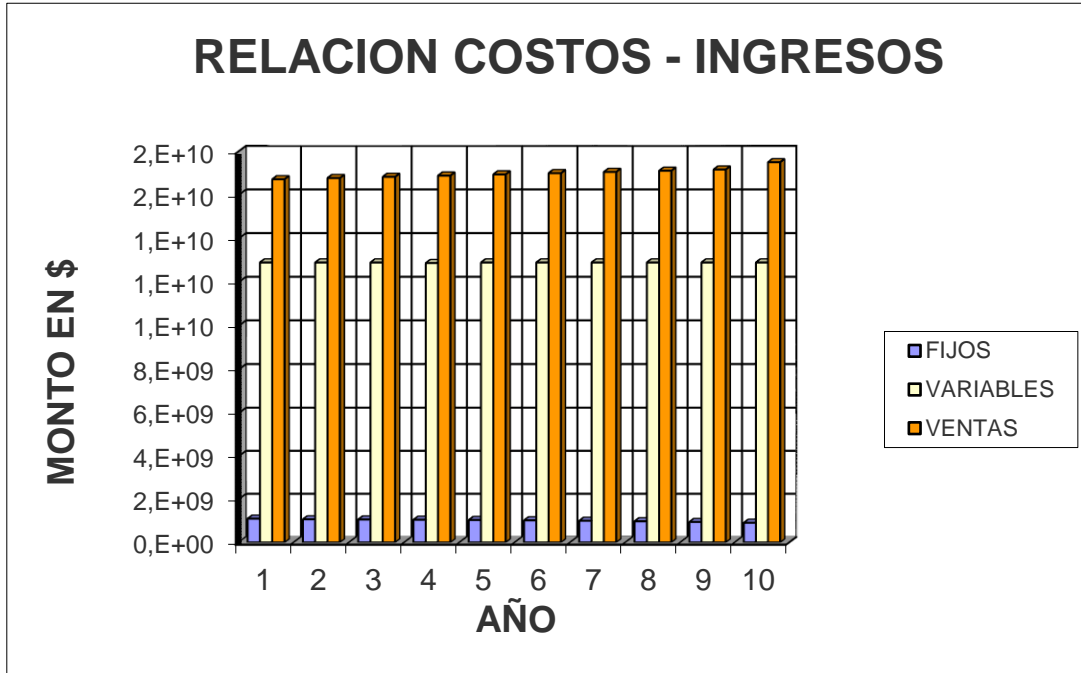
Los gastos fijos se pueden englobar en las siguientes categorías:

- Alquileres.
- Reparaciones y conservación: se trata de gastos relacionados con el mantenimiento y la conservación tanto de locales como de cualquier bien de inversión utilizado en la actividad.
- Servicios profesionales: aquí se incluyen los gastos de asesoría, abogados, arquitectos, economistas y profesionales en general.

- Seguros: primas de seguros relacionados con la actividad.
- Servicios bancarios: aquí se incluyen comisiones, gastos bancarios e intereses de deudas.
- Publicidad: gastos en publicidad, relaciones públicas, etc.
- Suministros: gastos de agua, luz, internet, teléfono, etc.
- Tasas e impuestos.
- Sueldos y salarios.
- Amortizaciones: parte proporcional de las inversiones que se llevan a gastos cada año.

AÑO	FIJOS	VARIABLES	VENTAS
1	1100353866	12909660420	16723393544
2	1071202821	12909660420	16779204000
3	1062903287	12909660420	16834896000
4	1052582014	12882678564	16890676400
5	1039746514	12909660420	16946456800
6	1023784330	12909660420	17002237200
7	1003933814	12909660420	17058017600
8	979247779	12909660420	17113798000
9	948548311	12909660420	17169666800
10	910370557	12909660420	17503200000

Tabla 224



Gráfica 18: Relación Costos-Ingresos

## 16.6 Evaluación Económica del Proyecto

Para determinar la factibilidad económico-financiera del proyecto, se calculan una serie de indicadores económicos. Los mismos permiten saber si será viable o no el proyecto.

A continuación, se nombran los indicadores:

- Rendimiento: se calcula como la relación porcentual entre los Flujos Netos de Efectivo (FNE) y las ventas netas.
- FNE: quedan determinados por la diferencia entre los ingresos y egresos de dinero registrados en un periodo determinado.
- VAN (Valor Actual Neto) es la suma de los FNE actualizados, incluyendo la inversión inicial. Este valor me indica que el proyecto es rentable mientras su valor sea positivo, lo que indica que está ingresando capital a la empresa.

- TIR (Tasa Interna de Retorno) es la tasa que iguala la inversión inicial con la suma de los FNE, hace que el VAN sea igual a cero.
- TMAR, Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.
- PR (Período de Recupero) es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

### 16.6.1 Estado de Resultados

El estado de resultados para la producción de ácido tereftálico se obtiene tras una serie de cálculos de los indicadores nombrados anteriormente.

Para los cálculos se emplearon las siguientes ecuaciones:

- Ingreso por ventas: Cantidad producida y vendida x precio de venta.
- Costo total de producción: Costos de fabricación + Gastos generales.
- Utilidad bruta: Ingresos por venta – Costo total de producción – intereses.
- Utilidad neta: Utilidad bruta – Impuestos a las ganancias.
- Flujo neto de efectivo: Utilidad neta + Depreciación y amortización – Pago principal + Capital de trabajo.

EJERCICIOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>Ventas Netas</b>	16.723.393.544	16.779.204.000	16.834.896.000	16.890.676.400	16.946.456.800
<b>Costo de producción de lo vendido</b>	12.591.721.962	12.600.225.944	12.650.573.105	12.665.250.469	12.731.899.144
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>4.131.671.582</b>	<b>4.178.978.056</b>	<b>4.184.322.895</b>	<b>4.225.425.931</b>	<b>4.214.557.656</b>
<b>Gastos de Administración</b>	13.160.188	13.137.756	13.137.756	13.110.828	13.137.756
<b>Gastos de Comercialización</b>	13.160.188	13.137.756	13.137.756	13.110.828	13.137.756

<b>Gastos de Financiación</b>	823.505.509	816.831.693	808.532.158	798.210.886	785.375.386
<b>Depreciación-Amortización</b>	94.833.989	94.833.989	94.833.989	94.833.989	94.833.989
<b>RESULT. ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>3.187.011.707</b>	<b>3.335.870.851</b>	<b>3.349.515.225</b>	<b>3.400.993.390</b>	<b>3.402.906.758</b>
<b>Depreciación-Amortización</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>
<b>Impuesto a las Ganancias</b>	1.148.645.994	1.167.554.798	1.172.330.329	1.190.347.686	1.191.017.365
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>2.133.199.703</b>	<b>2.168.316.053</b>	<b>2.177.184.896</b>	<b>2.210.645.703</b>	<b>2.211.889.392</b>

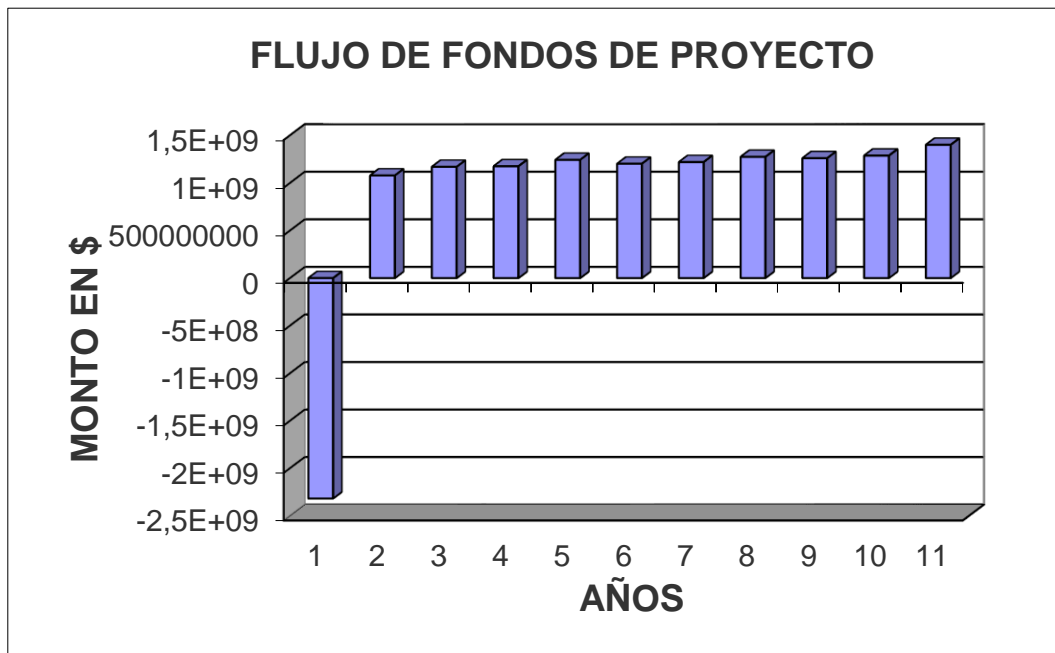
Tabla 225

<b>EJERCICIOS</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>	<b>AÑO 8</b>	<b>AÑO 9</b>	<b>AÑO 10</b>
<b>Ventas Netas</b>	17.002.237.200	17.058.017.600	17.113.798.000	17.169.666.800	17.503.200.000
<b>Costo de producción de lo vendido</b>	12.772.562.164	12.813.225.184	12.853.888.204	12.894.615.666	13.137.756.036
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>4.229.675.036</b>	<b>4.244.792.416</b>	<b>4.259.909.796</b>	<b>4.275.051.134</b>	<b>4.365.443.964</b>
<b>Gastos de Administración</b>	13.137.756	13.137.756	13.137.756	13.137.756	13.137.756
<b>Gastos de Comercialización</b>	13.137.756	13.137.756	13.137.756	13.137.756	13.137.756
<b>Gastos de Financiación</b>	769.413.202	749.562.686	724.876.651	694.177.183	655.999.429
<b>Depreciación-Amortización</b>	94.833.989	94.833.989	94.833.989	94.833.989	94.833.989



<b>RESULT. ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>3.433.986.321</b>	<b>3.468.954.218</b>	<b>3.508.757.633</b>	<b>3.554.598.439</b>	<b>3.683.169.023</b>
<b>Depreciación- Amortización</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>	<b>94.833.989</b>
<b>Impuesto a las Ganancias</b>	<b>1.201.895.212</b>	<b>1.214.133.976</b>	<b>1.228.065.172</b>	<b>1.244.109.454</b>	<b>1.289.109.158</b>
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>2.232.091.109</b>	<b>2.254.820.242</b>	<b>2.280.692.461</b>	<b>2.310.488.986</b>	<b>2.394.059.865</b>

Tabla 226



Gráfica 19: Flujo de Fondos de Proyecto

### 16.6.2 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

Para formarse, toda empresa debe realizar una inversión inicial. El capital que forma esta inversión puede provenir de varias fuentes: sólo de personas físicas (inversionistas), de éstas con personas morales (otras empresas), de inversionistas e instituciones de crédito (bancos) o de una mezcla de inversionistas, personas morales y bancos. Como sea que haya sido la

aportación de capitales, cada uno de ellos tendrá asociado un costo al capital que aporte, y la nueva empresa así formada tendrá un costo de capital propio.

Antes de invertir, una persona siempre tiene en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, llamada TMAR. En nuestro caso, el capital proviene del Banco y la misma es muy baja, es simplemente el interés que la institución cobra por hacer un préstamo. En el momento de realizar el análisis económico la TMAR correspondiente (TNA para el Banco Nación) es de 22%.

### 16.6.3 Criterios de Evaluación

Se presentan a continuación los principales criterios utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Las principales alternativas de evaluación son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Si bien son las mejores alternativas, el VAN es en todos los casos superior a la TIR.

Además del análisis del VAN y la TIR, se analiza el período de recupero de la inversión (PR).

### 16.6.4 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Es decir, se comparan las ganancias esperadas con los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en el tiempo cero.

Para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará como resultado que el VAN sea mayor a cero.

Para calcular el VAN se utilizan los FNE y la TMAR. Si el  $VAN=0$  no se aumenta el patrimonio de la empresa durante el horizonte planeado. Si el  $VAN>0$ , sin importar cuánto supere a cero ese valor, esto sólo implica una ganancia extra después de ganar la TMAR aplicado a lo largo del período considerado. Esto explica la gran importancia que tiene seleccionar una TMAR adecuada. Si el VAN es negativo se debe rechazar el proyecto.

Como conclusiones generales del uso del VAN como método de análisis se puede decir que se interpreta fácilmente su resultado en términos monetarios y que su valor depende exclusivamente de la TMAR seleccionada

En la siguiente tabla se muestra el valor de dicho indicador para el proyecto de producción de ácido tereftálico purificado.

Indicador	Valor (\$)
Valor Actual Neto (VAN)	2352692059

Tabla 227

El valor obtenido de VAN indica que la inversión a realizar es rentable económicamente debido a que el valor es ampliamente superior a cero.

#### 16.6.5 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Podemos definirla como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, o también como la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Se llama tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento, justamente porque se supone que el dinero que se gana año a año se reinvierte en su totalidad. El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR es: si ésta es mayor que la TMAR, acéptese la inversión; es decir, si el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable.

En la siguiente tabla se muestra el valor de la TIR para el proyecto en análisis.

Indicador	Valor (%)
Tasa Interna de Retorno (TIR)	49

Tabla 228

Como se puede ver, la tasa interna de retorno de la inversión es mayor que la TMAR, ya que  $49\% > 24\%$ . Lo que indica que el proyecto es rentable.

#### 16.6.6 Período de Recuperación de la Inversión (PR)

Uno de los criterios tradicionales de evaluación bastante difundido es el del periodo de recuperación de la inversión, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptable por la empresa.

Como el flujo neto difiere entre periodos, el cálculo del PRI se realiza determinando por suma acumulada el número de periodos que se requiere para recuperar la inversión.

A continuación, se muestra el período de recupero de la inversión inicial para el proyecto en cuestión.

Indicador	Valor
Periodo de Recupero (PR)	1 año y 5 meses

Tabla 229

Como se puede ver en la tabla anterior, la inversión se recupera en 1 año y 5 meses, lo que representa un valor atractivo ya que no excede los diez años tomados como proyección del análisis financiero.

#### 16.6.7 Tasa Interna de Rentabilidad del Capital Propio (TOR)

Mide la rentabilidad del capital propio y se obtiene a partir del flujo de fondos del inversor. Se calcula, al igual que la TIR, como aquella tasa que anula el VAN del inversor.

Indicador	Valor %
TOR	138

Tabla 230

#### 16.6.7.1 Efecto Palanca

Teniendo en cuenta que la TIR es aquella tasa que aplicada al flujo de fondos del proyecto anula el VAN del mismo, que la TOR es la tasa de Capital Propio que anula el VAN del flujo de fondos de los inversores, y que la diferencia entre las dos está dada fundamentalmente por la financiación, el efecto palanca muestra que, si se financia un proyecto con una tasa de interés menor que la TIR, el proyecto se verá palanqueado positivamente. Esto se debe a que cada peso invertido en el proyecto rinde la TIR, pero, si se financia, cuesta la tasa de interés.

El efecto de la financiación en el rendimiento del proyecto se denomina “Efecto Palanca” y se evidencia a través de la fórmula:

$$I = \frac{TOR}{TIR}$$

Indicador	Valor
Efecto Palanca	2,81

Tabla 231

Al ser  $I > 1$  se tiene que se ha elegido una buena financiación.

#### 16.6.8 Análisis de Sensibilidad (AS)

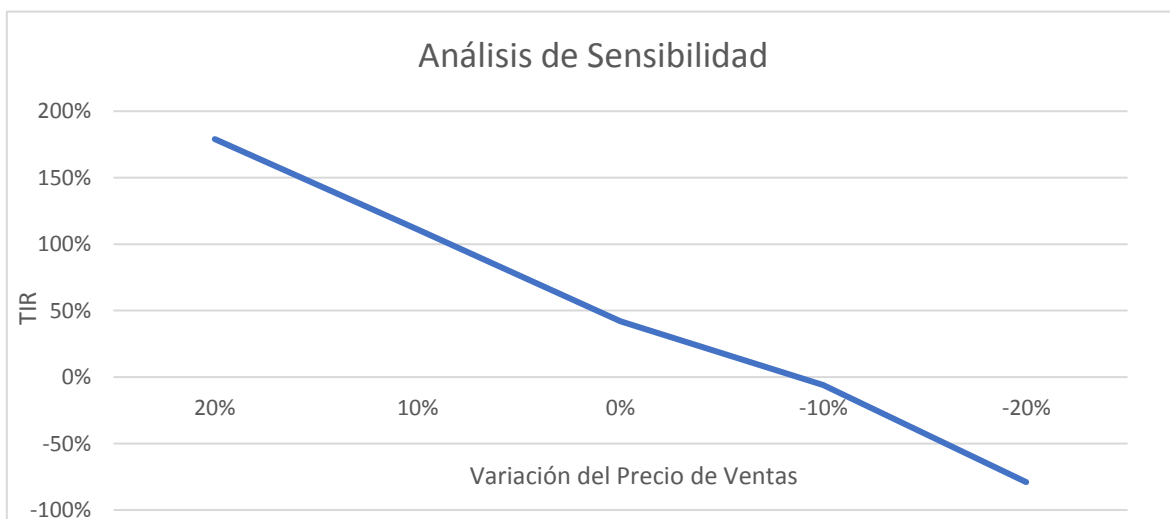
Se denomina análisis de sensibilidad al procedimiento por medio del cual se puede determinar cuánto se afecta, es decir, que tan sensible es la TIR antes cambios en determinadas variables del proyecto.

El mismo tiene una gran cantidad de variables, como son los costos totales, ingresos, volumen de producción, tasa y cantidad de financiamiento, etc.

La utilidad esencial de este análisis es conocer que variable afecta en mayor medida el resultado de operación del proyecto de inversión. Se analiza a continuación como varía la TIR, con cambios en precio de venta, precio de materia prima y costo de la mano de obra, la variación en cada caso se hace para un aumento y disminución de un 10 y 20%.

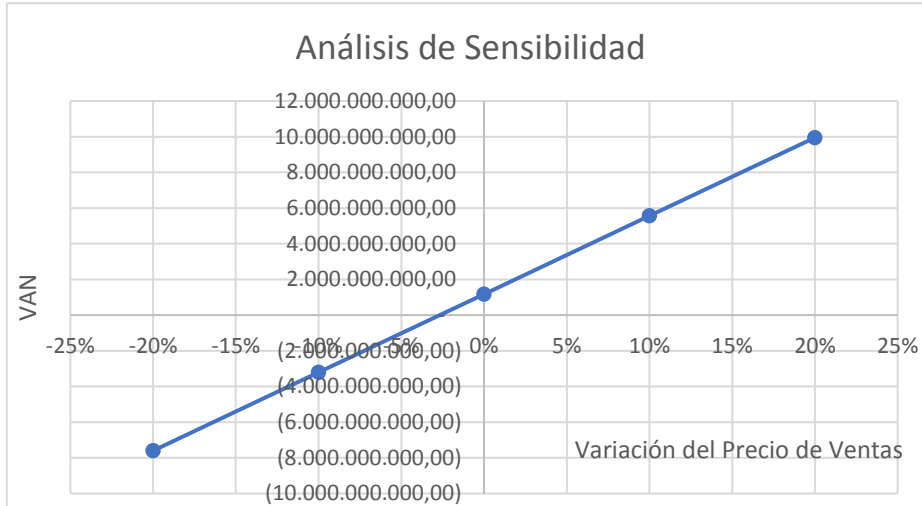
#### *16.6.8.1 Variación de la TIR con el precio de venta*

En la siguiente gráfica se puede ver la variación de la TIR con el precio de venta:



*Gráfica 20: Variación de la TIR con el precio de venta*

16.6.8.2 Variación de la VAN con el precio de venta



Gráfica 21: Variación de la VAN con el precio de venta

## 17 Conclusiones

En las diferentes etapas del proyecto, teniendo en cuenta el análisis de las características del mismo, la elección de procesos y la capacidad, cálculo y diseño de equipos industriales y accesorios, y factibilidad del proyecto, se logró cumplir con los objetivos planteados en el capítulo 1.

A través del desarrollo planteado en los capítulos anteriores se llega a la conclusión de que, si se cumplen las condiciones planteadas en el mismo, es factible técnico y económicamente llevar a cabo el proyecto.

Realizando el estudio del entorno socioeconómico que rodea la comercialización del ácido tereftálico y teniendo en cuenta en este análisis las materias primas e insumos necesarios, la localización del mercado y la capacidad de consumo del producto, se define la localización de la planta en el Consorcio Industrial La Ensenada. Éste es considerado un lugar estratégico, debido a la cercanía a rutas de transporte, a un puerto y accesibilidad a las materias primas necesarias.

Teniendo en cuenta el análisis realizado en el estudio de mercado se concluye mediante la proyección de la demanda insatisfecha del producto y sus derivados, la capacidad de fabricación de la planta más óptima para satisfacer el mercado nacional, la cual es de 198000 toneladas por año para el horizonte de 10 años de aplicación del proyecto.

El proceso de producción de ácido tereftálico mediante la oxidación de para xileno (proceso AMOCO) junto con el proceso de purificación del mismo mediante la hidrogenación de las impurezas, genera un producto de elevada calidad, constante en el tiempo y en la concentración demandada. El mismo es un procedimiento altamente estudiado e implementado en grandes industrias de producción de ácido tereftálico, lo que hace que sea fiable y permite que la operación sea óptima y estandarizada. Por lo tanto, los tiempos invertidos en el desarrollo del proyecto y perfeccionamiento del diseño base disminuyen considerablemente.



La reutilización de algunas de las materias primas e insumos permite que la evolución del desarrollo sea más eficiente y que el proceso sea más sustentable y se reduzca relativamente el volumen de residuos y efluentes que deban ser tratados.

Se adopta un sistema de tratamientos de efluentes acorde a las necesidades de la planta y de manera de cumplir con la normativa vigente.

La materia prima principal a tener en cuenta es el para xileno, la cual determina la capacidad, la localización y las principales normas de seguridad a tener en cuenta. Además, es uno de los factores que determinan la factibilidad económica del proyecto.

En el diseño de los equipos se tuvo en cuenta los balances de masa y energía realizados y también los materiales óptimos que se deben utilizar para que el proceso sea seguro y la calidad del producto se garantice.

Se consideraron cuestiones de organización industrial, y se definió que, en el país, y principalmente en la zona afectada, provincia de Buenos Aires, existe la mano de obra calificada para la puesta en marcha y desarrollo del proceso de producción, teniendo en cuenta que las sustancias a manipular son riesgosas. Por ello, se consideran cuestiones de seguridad, elementos de protección personal de los trabajadores y cuidado del medio ambiente, lo que se considera crítico en la organización.

En cuanto en el ámbito económico y financiero, el proyecto resulta factible ya que la tasa interna de retorno (TIR) es considerablemente mayor a la tasa nominal anual de interés financiada por el banco. Además, el VAN es de aproximadamente 2352 millones, lo que lo define como un proyecto rentable, que tiene un período de recupero de la inversión de 1 años y 5 meses.

En cuanto al análisis de sensibilidad se obtiene que el proyecto es rentable para condiciones estables. El proyecto tiende a ser algo sensible a los aumentos del precio de materias primas.

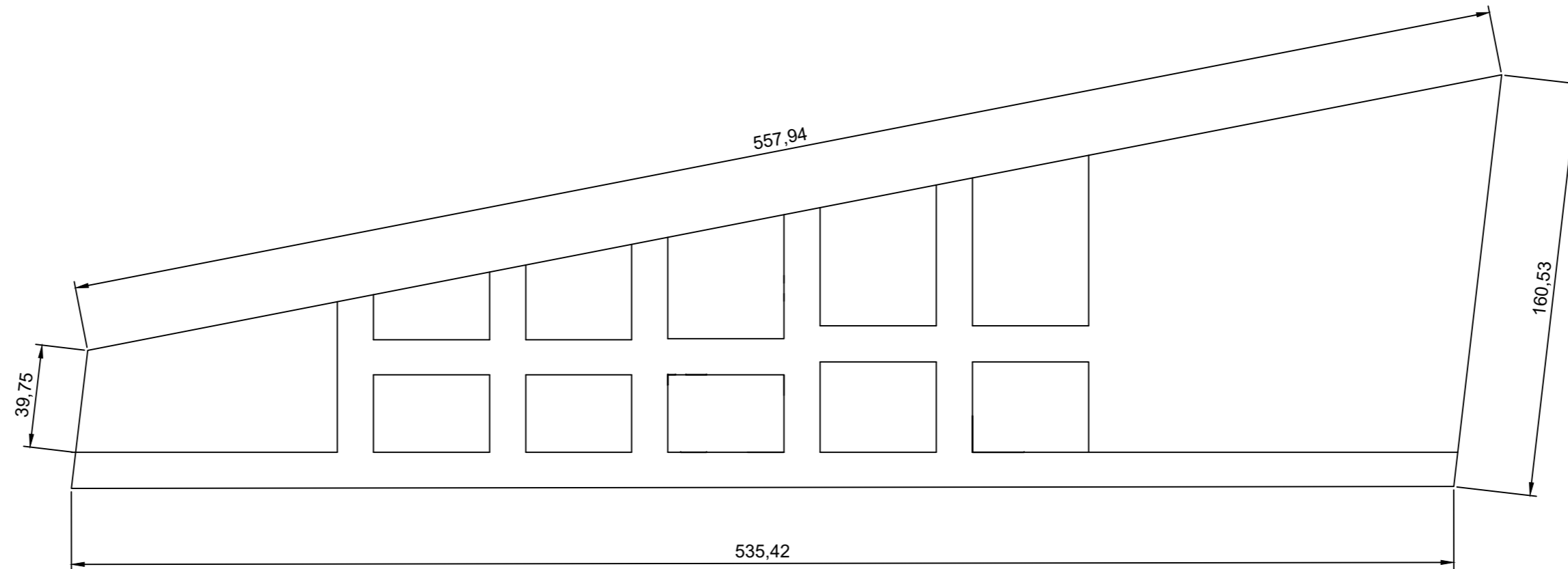
## 18 Bibliografía

- ALFA, S.A.B. de C.V. (2015). *Alfa Mexico*. Obtenido de <http://www.alfa.com.mx/down/infoanual2014.pdf>
- Alpek. (2016). *Alpek*. Obtenido de <http://www.alpek.com/pdf/2016/espanol/Reporte-XBRL-Alpek-4T16.pdf>
- ALPEK, S.A.B. de C.V. (30 de abril de 2015). *Economática*. Obtenido de [http://economica.mx/ALPEK/REPORTES%20ANUALES/ALPEK\\_REPORTEA NUAL\\_2014.pdf](http://economica.mx/ALPEK/REPORTES%20ANUALES/ALPEK_REPORTEA NUAL_2014.pdf)
- AlSoldelaCosta Diario Digital*. (24 de Enero de 2016). Obtenido de <http://alsoldelacosta.com/la-refineria-cepsa-en-san-roque-alcanza-cifras-record-en-su-produccion-de-2015/>
- Artelum. (s.f.). Obtenido de [https://www.artelum.com.ar/apliques\\_de\\_techo-boxer-29](https://www.artelum.com.ar/apliques_de_techo-boxer-29)
- Cámara de la Industria Química y Petroquímica. (Junio de 2014). *ciqyp*. Obtenido de <http://www.ciqyp.org.ar/Portals/0/noticias/2014/09%20sep/La%20Industria%20Petr oqu%C3%ADmica%20Argentina%20.pdf>
- Chauvel, A., & Lefebvre, G. (1985). *Sources of Olefinic and aromatic hydrocarbons, Petrochemical Processes*. Technip.
- Chemcad V 7.0
- Chemsystems. (s.f.). Obtenido de [www.chemsystems.com/reports/search/docs/prospectus/MC-polyester-pros.pdf](http://www.chemsystems.com/reports/search/docs/prospectus/MC-polyester-pros.pdf)
- Cinco Dias, el país. (2017). Obtenido de [https://cincodias.elpais.com/mercados/materias-primas/petroleo\\_brent/1/](https://cincodias.elpais.com/mercados/materias-primas/petroleo_brent/1/)
- Cines, M. R. (1971). *Estados Unidos Patente n° 3.746.754*.
- (s.f.). *Decreto 674/89 Área Metropolitana Bonoarense*.
- Donald Q. Kern, 1999, *Procesos de transferencia de calor*.
- Excel. (s.f.). Microsoft Excel.
- Fadzil, N. A. (2014). *Chinese Journal of Catalysis*. Gambang Kuantan, Pahang, Malaysia: Elsevier.

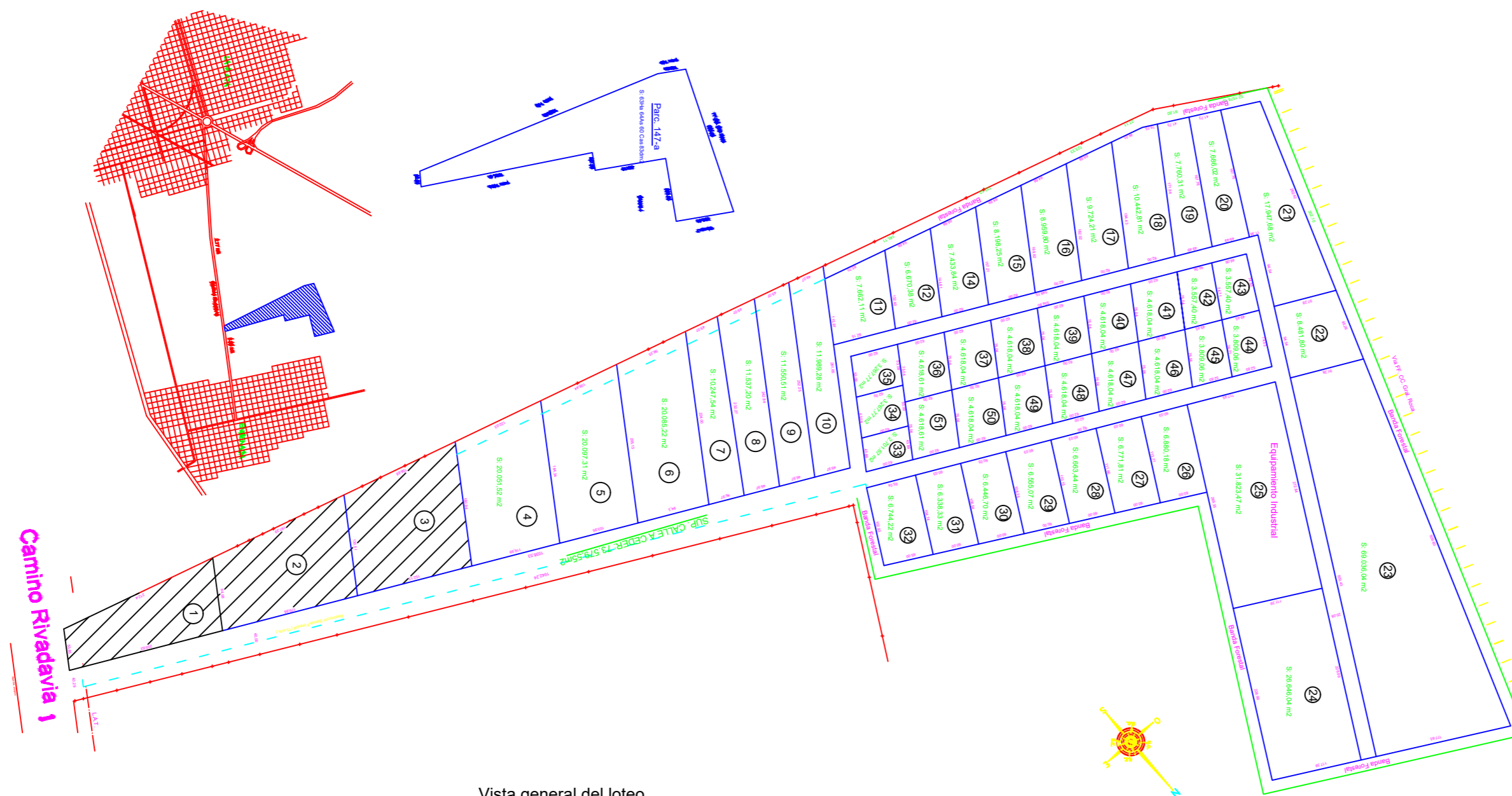
- Ichikawa, Y., & Takeuchi, Y. (1972). Compare pure TPA Processes. *Hydrocarbon Processing*.
- ICIS. (2016). *ICIS*. Obtenido de [www.icis.com](http://www.icis.com)
- Instituto Petroquímico Argentino. (2016). *Boletín Informativo IPA Año 20*.
- Instituto Petroquímico Argentino. (Julio de 2016). *Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química Argentina*. Obtenido de Anuario: [ipa.org.ar](http://ipa.org.ar)
- Instituto Petroquímico Argentino. (2016). *IPAorg*. Obtenido de Boletín informativo del IPA: <http://ipa.org.ar/images/PUBLICACIONES/BOLETINES/bol%2083.pdf>
- IPA. (s.f.).
- John Richardson. (2015). *ICIS*. Obtenido de Assian Chemical Connections: <http://www.icis.com/blogs/asian-chemical-connections/2015/09/china-consolidation-forget-purified-terephthalic-acid/>
- Kirk-Othmer. (2001). *Enciclopedia de Tecnología Química*.
- Klaus, W. (1978). *Química Orgánica Industrial*. Reverté S.A.
- McCabe; Smith; Harriott. *Operaciones unitarias en ingeniería química. Séptima edición, editorial McGraw Hill, 2007*.
- Mc-Cabe & Smith, ed. McGraw-Hill, *Operaciones unitarias en ingeniería química, cuarta edición, España*.
- Meyers, R. A. (2005). *Handbook of Petrochemicals Production Processes*. McGraw-Hill Professional.
- MitEdu. (2017). *Atlas Media*. Obtenido de <http://atlas.media.mit.edu/en/profile/hs07/291736/>
- Na Cao, E. C. (2011). *New Therephthalic Acid Process*.
- O. Levenspiel Edicion 2.
- Paranjpe, H., & Mathur, B. (1987). Polyester raw material DMT or TPA. *Chemical Age of India*, 177.
- Parques Industriales. (2020). *Parques Industriales*. Obtenido de [http://www.redparques.com.ar/parques-industriales/?parque\\_id=3375#info-mapa](http://www.redparques.com.ar/parques-industriales/?parque_id=3375#info-mapa)
- Pecaltex. (2013). *PECALtex hilos de calidad*. Obtenido de [http://www.pecaltex.com.mx/Pecaltex/Sobre\\_el\\_Poliester.html](http://www.pecaltex.com.mx/Pecaltex/Sobre_el_Poliester.html)

- Pira, S. (2016). *El futuro de PET Packaging*.
- Perry D. *MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO, sexta edición, ed. McGraw-Hill, USA*
- Red Española de Compostaje. (s.f.). *Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica*.
- Scavage. (2017). *Scavage Argentina*. Obtenido de <https://www.scavage.com/trade?menu=ar.import/definitive&query=product:29173600000&group=2,-1&resolve=1>
- Scavage. (2017). *Scavage Argentina*. Obtenido de <http://www.scavage.com/>
- Scavage Brasil. (s.f.).
- Sigma Aldrich. (2016). *Sigma Aldrich*. Obtenido de <https://www.sigmaaldrich.com/argentina.html>
- Singh, S. (s.f.). *PTA manufacturing*.
- Technip. (s.f.). *Technip*. Obtenido de [www.technip.com](http://www.technip.com)
- Tejada, P. E. (Noviembre de 2011). Biodegradación de ácido tereftálico en sistemas modelos aerobios. *Tesis*. México D.F.
- The Market Publishers Ltd. (Enero de 2017). *mcgroup*. Obtenido de <https://mcgroup.co.uk/researches/terephthalic-acid-tpa>
- Trade Data. (22 de 12 de 2014). *Trade Data*. Obtenido de Global Trade in Terephthalic Acid: [http://www.tradedata.net/wp-content/uploads/2014/12/Global-Analysis-Template-terephthalic-Acid\\_nolinks.pdf](http://www.tradedata.net/wp-content/uploads/2014/12/Global-Analysis-Template-terephthalic-Acid_nolinks.pdf)
- Ullmann. (2007). *Enciclopedia Ullmann de Química Industrial*. Wiley InterScience.
- Universidad del Cairo. (Febrero de 2010). Production of Poly Ethylene Terephthalate. Cairo.

## 19 Planimetría



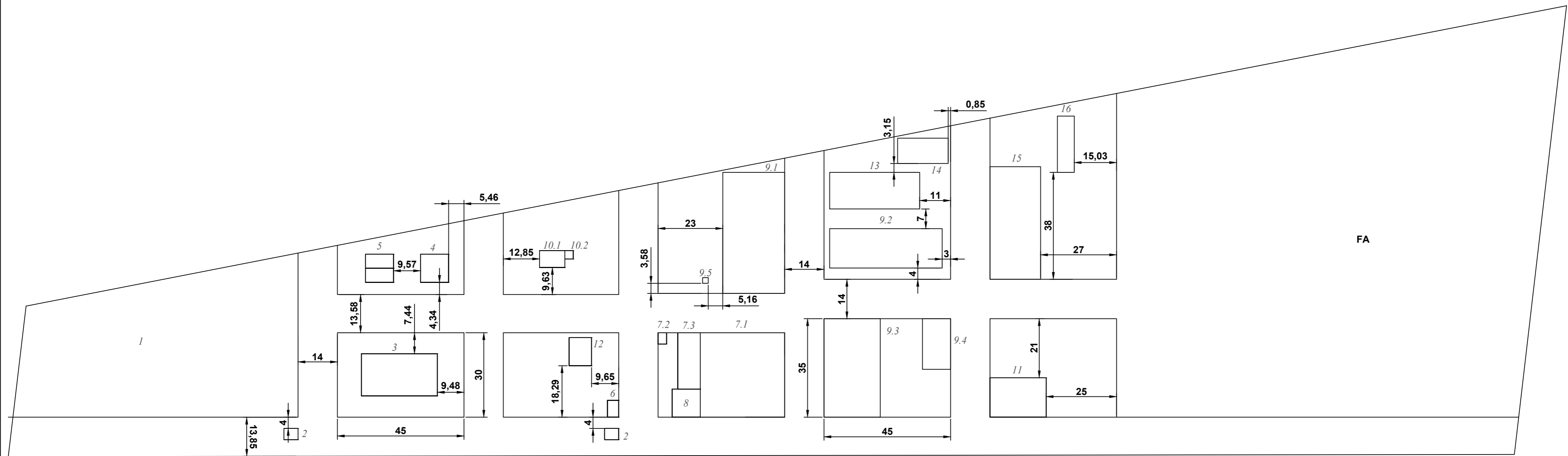
Vista general de la planta



Vista general del loteo

Nota: la planta se sitúa en las secciones sombreadas que corresponden a los lotes 1-2-3. Las medidas se expresan en metros.

		<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>		
Aprobó:				
Revisó:				
Dibujó:	FC	26/06/2020		
Escala:	1 : 1000		Formato: A2	
Título:		<b>PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO UBICACION DE PLANTA</b>		
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO AREA: <b>GENERAL</b>		Archivo digital: plano general en hoja A2.dwg		

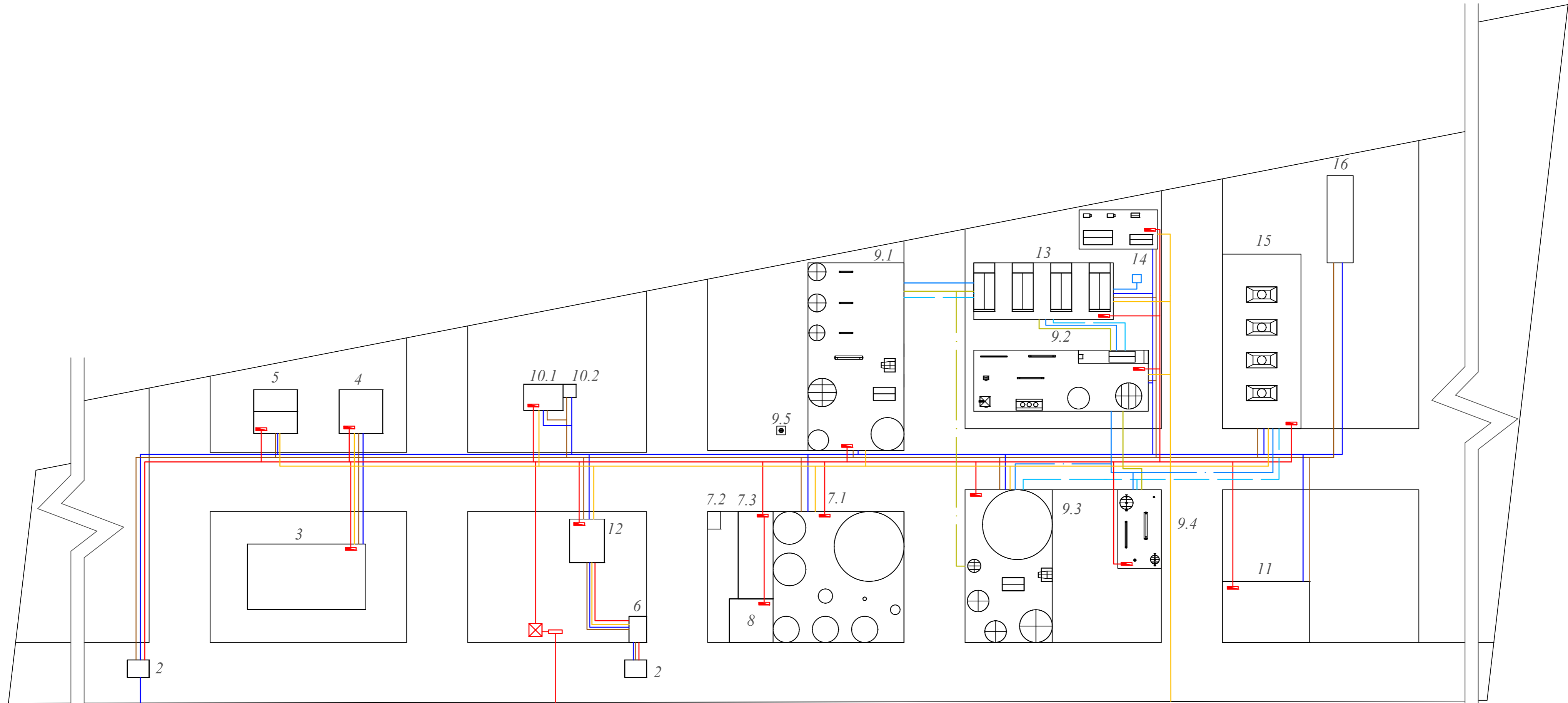


	Sector	Dimensiones (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )		Sector	Dimensiones (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
1	Estacionamiento	50x70	3500	9.3	Zona Purificación Sección 200)	20x 35	700
2	Guardia (2 salas de 10m2 c/u)	5x4	20	9.4	Zona columnas (c301, c302)	18x 10 (aire libre)	180
3	Zona administrativa	15x27	405	9.5	Tanque Hidrogeno	2x2	4
4	Cocina/comedor	10x10	100	10	Control de calidad		
5	Vestuarios	5x10 (2 vestuarios)	100	10.1	Laboratorio	9x6	54
6	Enfermería	4x6	24	10.2	Oficina supervisor	3x3	9
7	Depósito			11	Depósito y despacho PF	20x14	280
7.1	Tanques materia prima	30x30	900	12	Taller de Mantenimiento	10x8	80
7.2	insumos	4x3	12	13	Sala de calderas	32x13	416
7.3	MP R-301	8x20	160	14	Sala de compresores	18x9	162
8	Recepción MP	10x10	100	15	Torres de enfriamiento	18x40	60
9	Zona de Producción			16	Tratamiento de efluentes	20x6	120
9.1	Zona Oxidación (Seccion 100)	22x43	946	<b>TOTAL</b>			8624
9.2	Zona Recuperación Cat (Sección 300)	14x40	560				

FA: Futuras ampliaciones 1,5 ha

Nota: Todas las medias se expresan en metros.

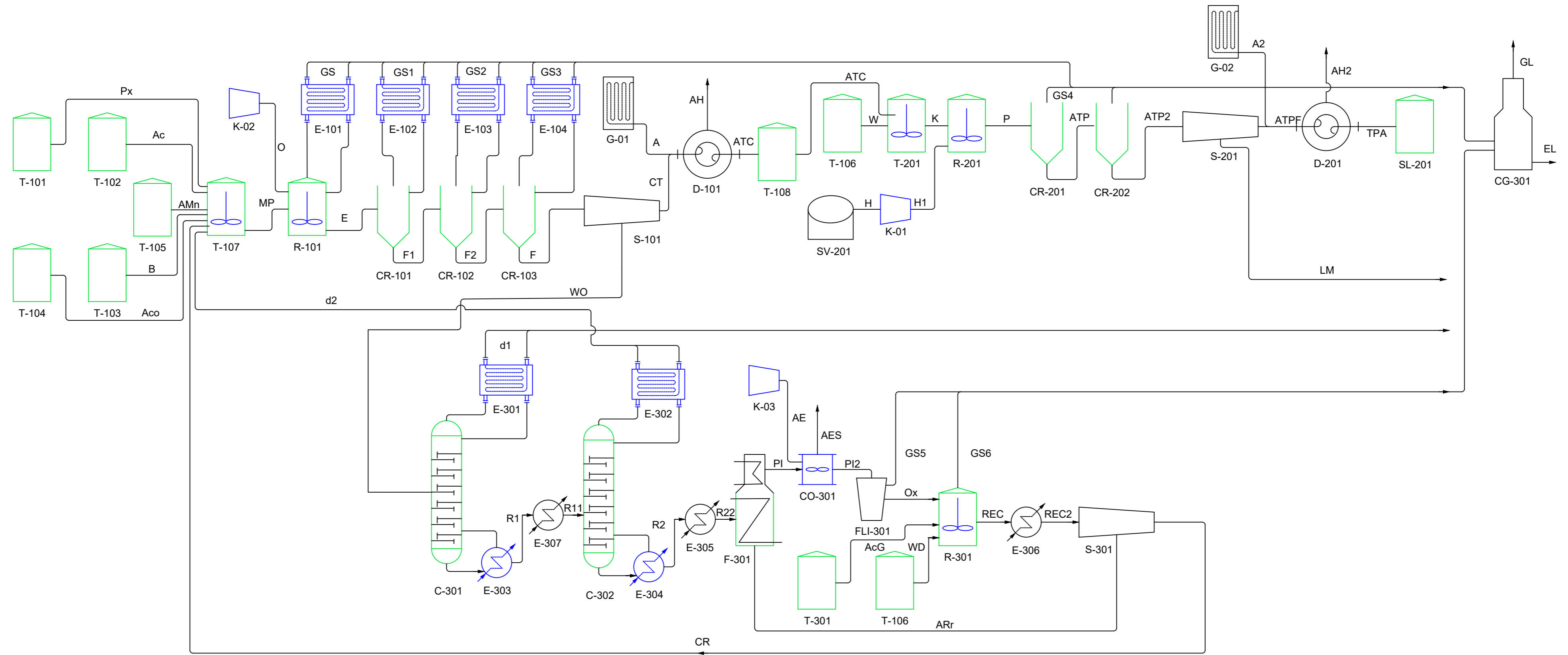
NOMBRE		FECHA		<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:					
Revisó:					
Dibujó:		FC 01/07/2020			
Escala: 1 : 1000		Título: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE AREAS</b>			Formato: A2  Hoja: 1 de 1
		PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: <b>GENERAL</b>		Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	



REFERENCIAS	
Agua	
Agua de enfriamiento	
Agua de proceso	
Cloaca	
Gas	
Vapor	
Electricidad	
Tablero Seccional	
Transformador	
Tablero general	
Pozo agua de proceso	

		<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:			
Revisó:			
Dibujó:	FC	01/07/2020	
Escala:	S/N	Título: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO</b> <b>DIAGRAMA SERVICIOS</b>	
		Formato: A2	Hoja: 1 de 1
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO AREA: <b>GENERAL</b>		Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	





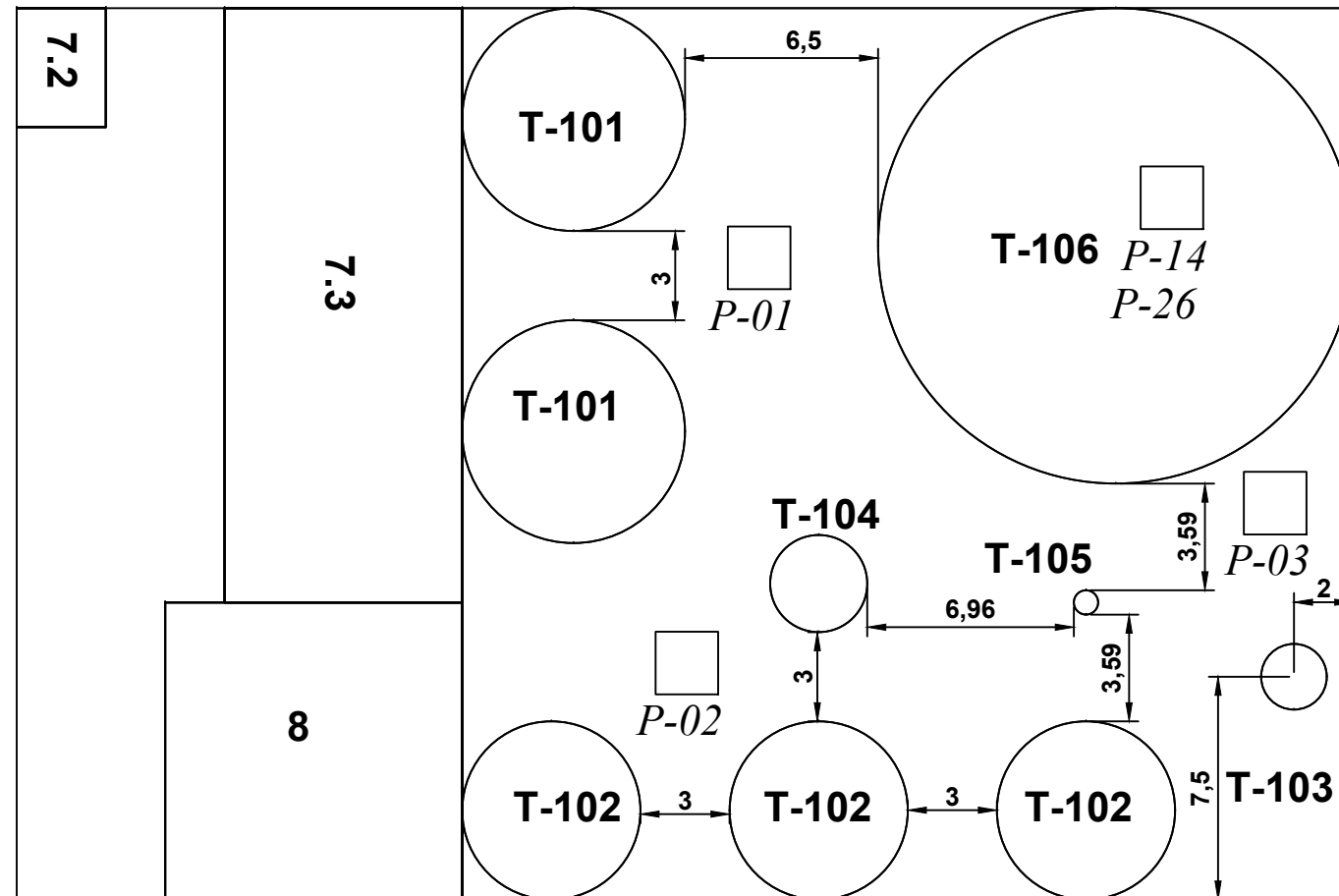
	NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:				
Revisó:				
Dibujó:	FC	30/06/2020		
Escala: S/E	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO FLOW SHEET</b>		Formato: A2	
		PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO AREA: <b>GENERAL</b>		Archivo digital: flow sheet_recover.dwg

CORRIENTES	DESCRIPCIÓN	Caudal (Kg/h)	T (°C)	P (atm)	CORRIENTES	DESCRIPCIÓN	Caudal (Kg/h)	T (°C)	P (atm)
A	Aire de Secado	1650	350	1	GS1	Gases de Salida	8,62	24	1
A2	Aire de Secado	1350	350	1	GS2	Gases de Salida	8,62	24	1
Ac	Ácido acético	127	25	1	GS3	Gases de Salida	8,62	24	1
AcG	Ácido Acético Glacial	3000	25	1	GS4	Gases de Salida	1,96	160	9
Aco	Catalizador- Acetato de Cobalto	779,68	25	1	GS5	Gases de Salida	1958,38	90	1
AE	Aire aeroenfriado	766750	25	1	GS6	Gases de Salida	1,316	143	9
AES	Aire aeroenfriado	766750	28	1	H	Hidrógeno	3,26	45	3,6
AH	Aire Húmedo	2034	70	1	H1	Hidrógeno	3,26	45	68
AH2	Aire Húmedo	1720	70	1	K	ATC diluido	169002,13	250	40
AMn	Catalizador-Acetato de Manganeso	11,52	25	1	LM	Licor Madre	143026,9	80	1
ARr	Arena de Pirolisis	61,4	90	1	MP	Corriente Reaccionante	16562	150	17
ATC	Ácido Tereftálico Crudo	25599,13	70	1	O	Aire	107448	200	19
ATP	Ácido Tereftálico purificado	168750,14	160	9	Ox	Óxidos de Cobalto y Manganeso	238,61	90	1
ATP2	Ácido Tereftálico purificado	168748,18	80	1	P	Ácido tereftálico Crudo	169005,13	250	68
ATPF	Ácido tereftálico purificado filtrado	25723,24	80	1	PI	Salida del incinerador	2196,99	750	2
B	Promotor de Catalizador, ácido Bromhídrico,	126,86	25	1	PI2	Oxidos recuperados	2196,99	90	2
CR	Catalizador Recuperado	3699,89	30	1	Px	Materia Prima (P-xileno)	16552	25	1
CT	Cristales del Producto	25982,9	80	1	R1	Residuo columna 1	49088,64	132	2
d1	Destilado columna 1	5771,56	86,7	2	R11	Residuo columna 1	49088,64	170	2
d2	Destilado columna 2	46891,19	130	1	R2	residuo columna 2	2197,2	162	2
E	Efluente del Reactor,	80848,7	200	19	R22	residuo columna 2	2197,2	27	2
EL	Efluente líquido	11073	25	1	REC	Catalizador Recuperado y Arena de pirolisis	3761,29	143	9
F	Líquido madre y cristales	80823	80	1	REC2	Catalizador Recuperado y Arena de pirolisis	3761,29	30	1
F1	Líquido madre y cristales	80840,08	160	9	TPA	Ácido Tereftálico puro	25337,98	70	1
F2	Líquido madre y cristales,	80840,08	120	5	W	Agua	143353	25	1
GL	Gases limpios	1937	25	1	WD	Agua de Dilución	461,64	25	1
GS	Gases de Salida	93969,42	24	1	WO	Agua de Operación	54860,6	80	1

Denominación	Equipo	Denominación	Equipo	Denominación	Equipo
R-101	Reactor de Oxidación	CR-201	Cristalizador	S-301	Decantador Centrifugo
R-201	Reactor de Purificación	CR-202	Cristalizador	SL-201	Silo de TPA
R-301	Reactor de Recuperación de Catalizador	E-101	Condensador R-101	C-301	Columna de Destilación 1
T-101	Tanque almac. P-xileno	E-102	Condensador CR-101	C-302	Columna de Destilación 2
T-102	Tanque almac. Ac. Acético	E-103	Condensador CR-102	F-301	Incinerador
T-103	Taque almac. Ac. Bromhídr.	E-104	Condensador CR-103	FIL-301	Filtro de Mangas
T-104	Tanque almac. Acetato de Co	E-301	Condensador C-301	CG-301	Columna lavadora de gases
T-105	Tanque almac. Acetato de Mn	E-302	Condensador C-302	k-01	Compresor de Hidrógeno
T-106	Tanque Agua para reacción	E-303	Reboiler C-301	k-02	Compresor de Oxígeno
T-107	Tanque de Mezcla de MP	E-304	Reboiler C-302	k-03	Compresor de Aire
T-108	Tanque de almac. TPA crudo	E-305	Intercambiador	G-01	Generador de aire cliente para secador 101
T-201	Tanque de Dilución de Cristales	E-306	Intercambiador	G-02	Generador de aire caliente para secador 201
T-301	Tanque de Ácido acético glacial	CO-301	Aero enfriador		
SV-201	Tanque esférico almac. H2	D-101	Secador Rotatorio		
CR-101	Cristalizador	D-201	Secador Rotatorio		
CR-102	Cristalizador	S-101	Decantador Centrifugo		
CR-103	Cristalizador	S-201	Decantador Centrifugo		

		<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>		
Aprobó:	NOMBRE			FECHA
Revisó:				
Dibujó:	FC	30/06/2020		
Escala: S/E	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO FLOW SHEET</b>		Formato: A3	
		Hoja: 2 de 2		
		PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: <b>GENERAL</b> Archivo digital: flow sheet_recover.dwg		

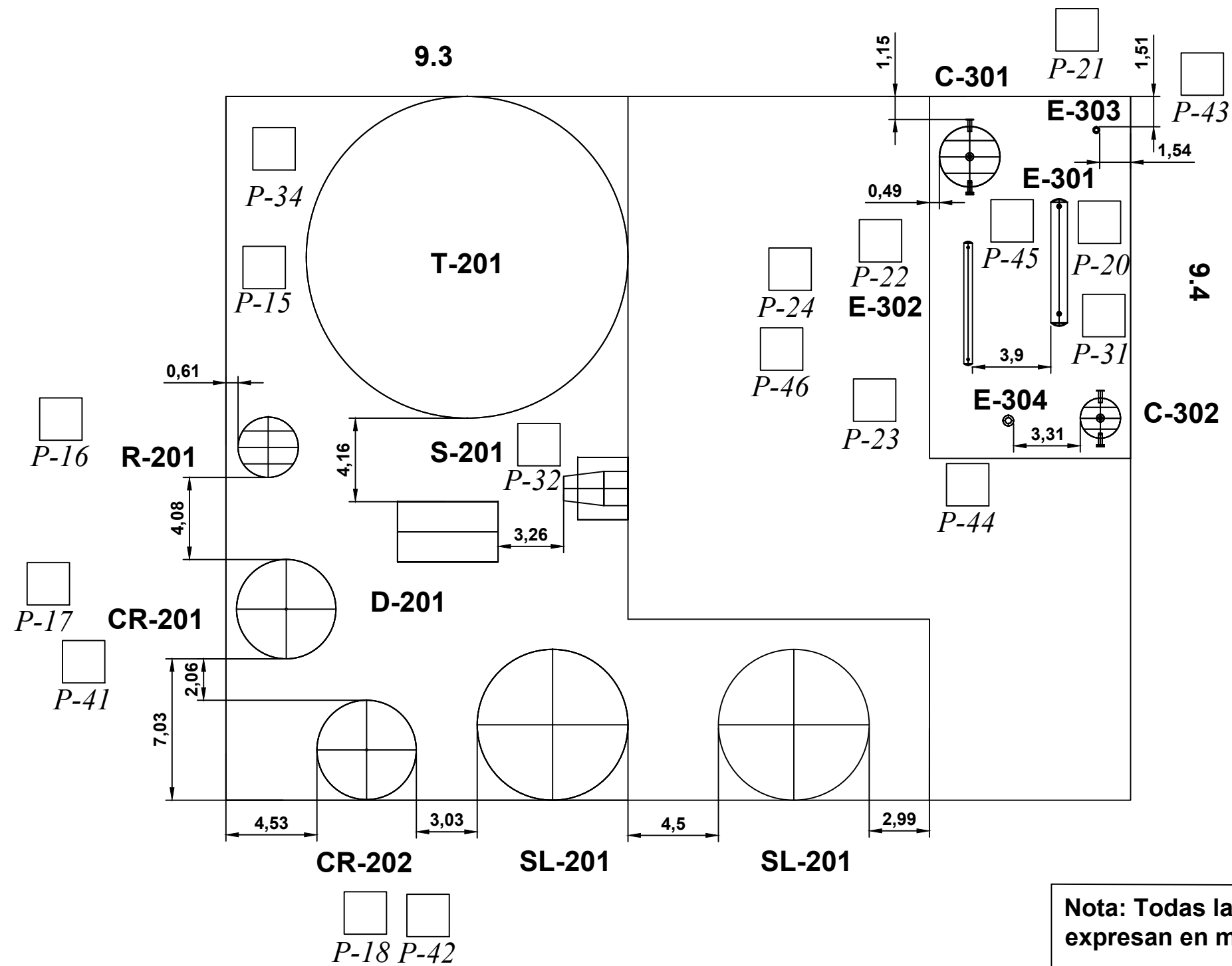
7.1



Nota: Todas las medias se expresan en metros.

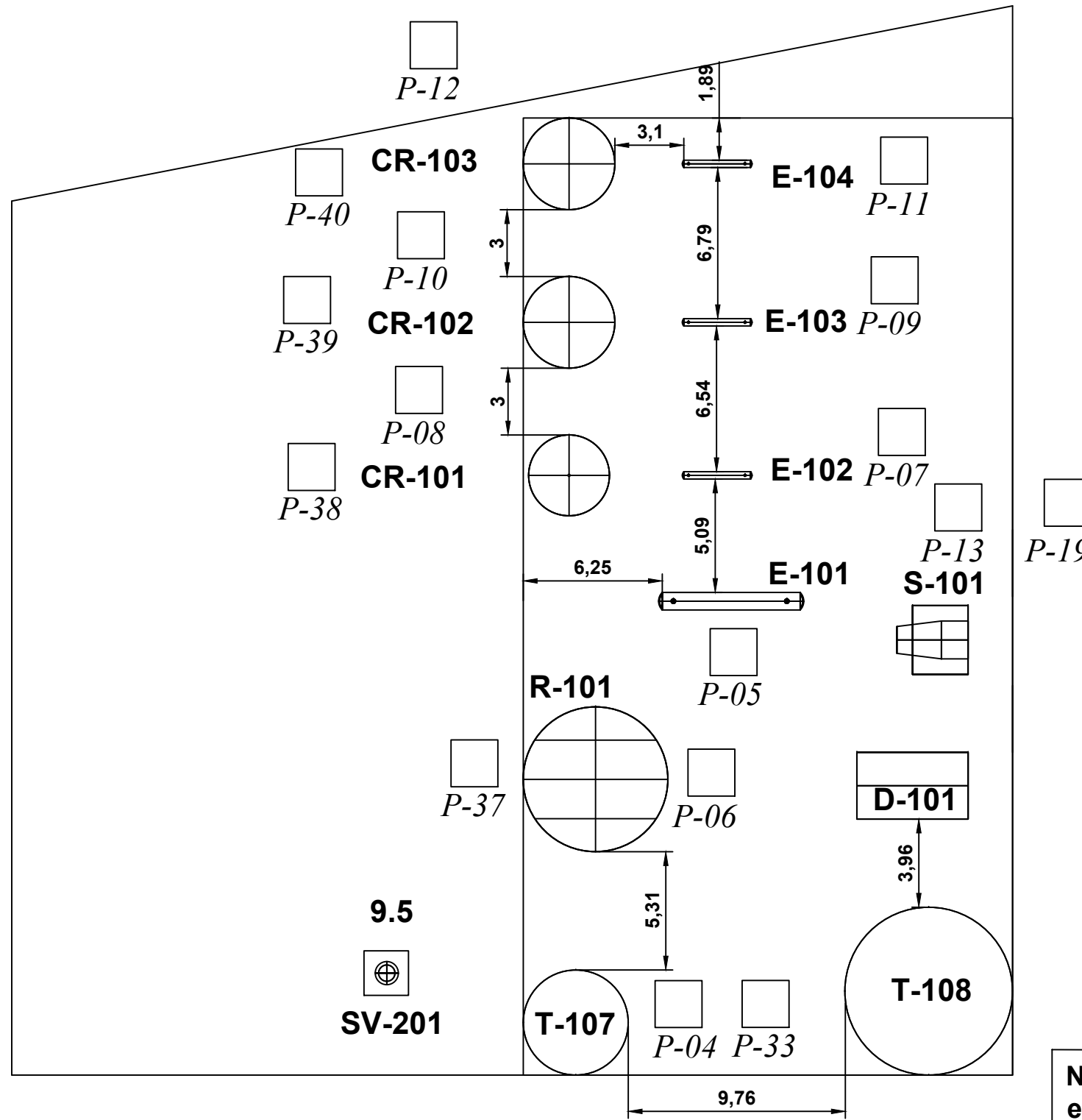


		NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>			
Aprobó:							
Revisó:							
Dibujó:		FC	17/07/2020				
Escala: 1:250		Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE EQUIPOS</b>		Formato: A3			
		PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: 7.1-7.2-7.3-8		Hoja: 1 de 6			
		Archivo digital: MAQUETA.dwg					



		FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN	
Aprobó:		FECHA	
Revisó:			
Dibujó:	FC	17/07/2020	
Escala: 1:250	Titulo: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE EQUIPOS		Formato: A3
	PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: 9.3-9.4		Hoja: 2 de 6
	Archivo digital: MAQUETA.dwg		

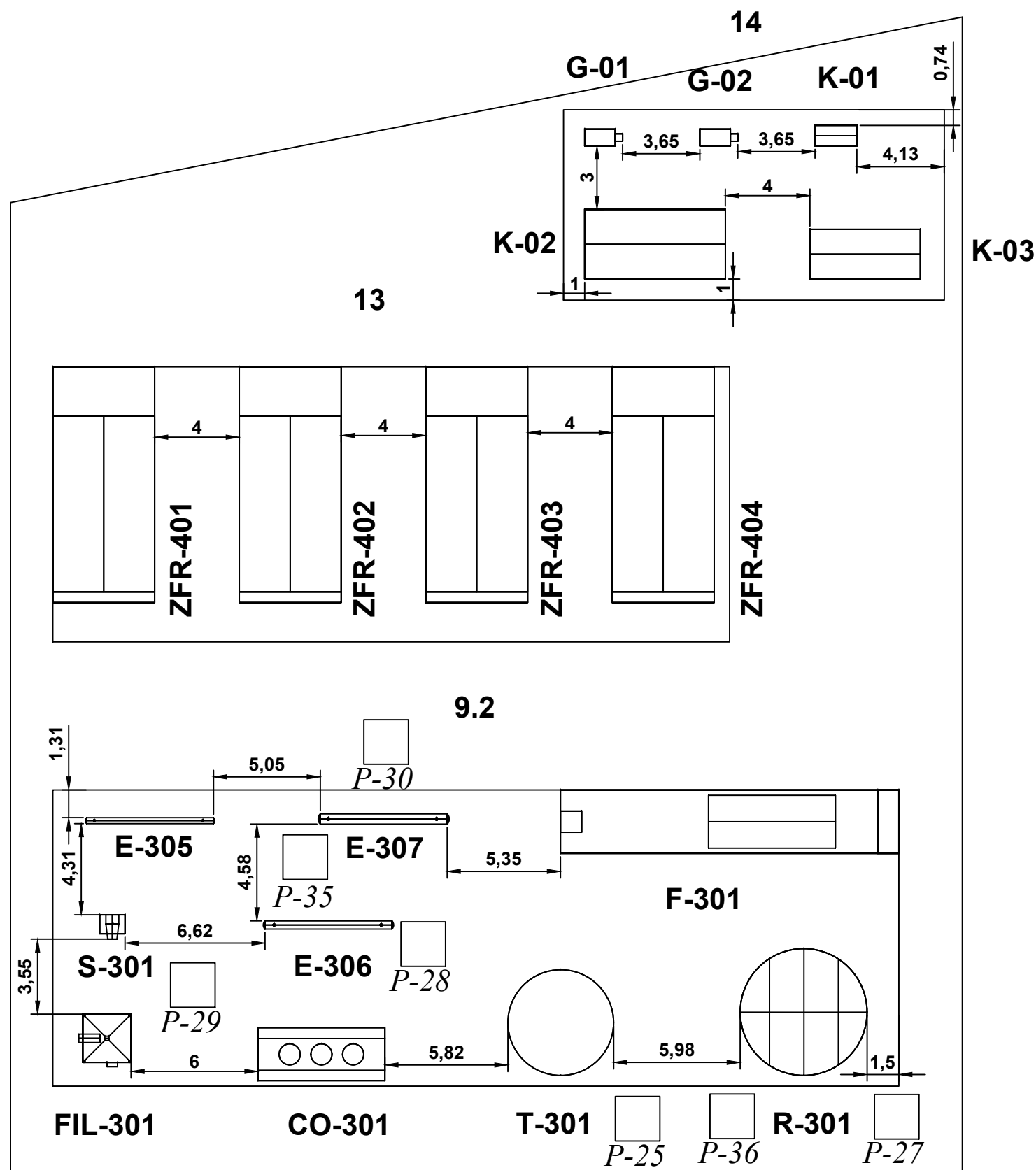
9.1



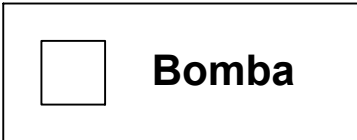
Nota: Todas las medias se expresan en metros.



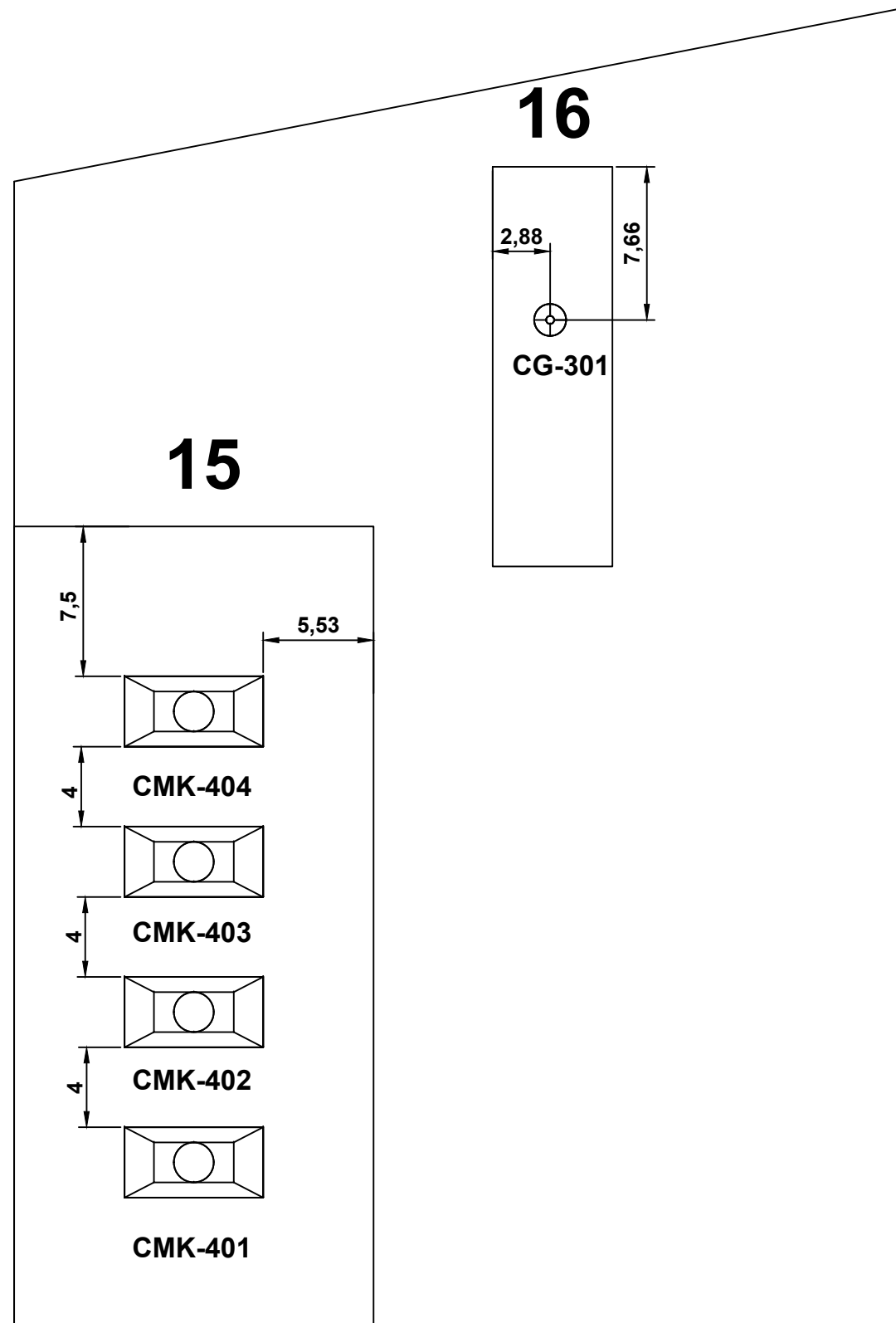
		NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:					
Revisó:					
Dibujó:		FC	17/07/2020		
Escala: 1:250	Título: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE EQUIPOS</b>			Formato: A3	
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: <b>9.1-9.5</b>				Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	



Nota: Todas las medias se expresan en metros.



		FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN	
Aprobó:			
Revisó:			
Dibujó:	FC	17/07/2020	
Escala: 1:250	Titulo: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE EQUIPOS		Formato: A3
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: 9.2-13-14		Archivo digital: MAQUETA.dwg	
		Hoja: 4 de 6	



**Nota: Todas las medias se expresan en metros.**

		NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:					
Revisó:					
Dibujó:		FC	17/07/2020		
Escala: 1:250		Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE EQUIPOS</b>		Formato: A3	
		PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: <b>15-16</b>		Hoja: 5 de 6	
		Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>			

Identificación de equipos		Denominación	Equipo	Dimensiones							
SECCIÓN	Etapa			Diámetro (m)	H (m)	An (m)	Largo (m)				
SECCIÓN 100	Etapa de Oxidación										
SECCIÓN 200	Etapa de Purificación	C-302	Columna de Destilación 2	2	15						
SECCIÓN 300	Etapa de Recuperación	F-301	Incinerador	2,5			6				
Denominación	Equipo	Dimensiones				Denominación	Equipo	Diámetro (m)	H (m)	An (m)	Largo (m)
		Diámetro (m)	H (m)	An (m)	Largo (m)						
		FIL-301	Filtro de Mangas		5,9	2,28					2,28
		CG-301	Columna lavadora de gases	1,6	5,5						
R-101	Reactor de Oxidación		k-01	6,5	9,5				1,5	0,97	1,9
R-201	Reactor de Purificación		k-02	3	6,5				3,36	3,29	6,65
R-301	Reactor de Recuperación de Catalizador		k-03	6	9				2,77	2,35	5,22
T-101	Tanque almac. P-xileno		G-01	7,5	11				1,93	1,44	0,8
T-102	Tanque almac. Ac. Acético		G-02	6	9				1,93	1,44	0,8
T-103	Taque almac. Ac. Bromhídr.		ZFR-401	2	3				6,18	4,8	11
T-104	Tanque almac. Acetato de Co		ZFR-402	3	5				6,18	4,8	11
T-105	Tanque almac. Acetato de Mn		ZFR-403	0,8	1				6,18	4,8	11
T-106	Tanque Agua para reacción		CMK- 401	16	23				4,47	6,95	3,52
T-107	Tanque de Mezcla de MP		CMK- 402	4,5	5				4,47	6,95	3,52
T-108	Tanque de almac. TPA crudo		CMK- 403	7,5	11				4,47	6,95	3,52
T-201	Tanque de Dilución de Cristales		CMK- 404	6	6				4,47	6,95	3,52
T-301	Tanque de Ácido Acético Glacial			5	8						
SV-201	Tanque esférico almac. H2			1							
CR-101	Cristalizador			4	7						
CR-102	Cristalizador			4	8						
CR-103	Cristalizador			4	8						
CR-201	Cristalizador			5	10						
CR-202	Cristalizador			5	10						
E-101	Condensador R-101			Diámetro coraza: 0,80							6
E-102	Condensador CR-101			Dc: 0,35							3
E-103	Condensador CR-102			Dc: 0,35							3
E-104	Condensador CR-103			Dc: 0,35							3
E-301	Condensador C-301			Dc: 0,80							6
E-302	Condensador C-302			Dc: 0,40							6
E-303	Reboiler C-301			Dc: 0,35							6
E-304	Reboiler C-302			Dc: 0,50							6
E-305	Intercambiador			Dc: 0,30							6
E-306	Intercambiador			Dc: 0,40							6
E-307	Intercambiador			Dc: 0,50							6
CO-301	Aeroenfriador			1,5	2,5						6
D-101	Secador Rotatorio			2,8	3,7						5
D-201	Secador Rotatorio			2,8	3,7						5
S-101	Decantador Centrifugo			2,3	3,1						3,2
S-201	Decantador Centrifugo			2,3	3,1						3,2
S-301	Decantador Centrifugo			0,8	1,2						1,15
SL-201	Silo de TPA			7,5	15						
C-301	Culumna de Destilación 1			3	15						

Bomba	Potencia Adoptada (HP)	Bomba	Potencia Adoptada (HP)	Bomba	Potencia Adoptada (HP)	Bomba	Potencia Adoptada (HP)
P-01	50	P-13	12,5	P-25	4	P-37	70
P-02	155	P-14	115	P-26	1	P-38	120
P-03	3	P-15	200	P-27	3,5	P-39	140
P-04	100	P-16	200	P-28	2	P-40	125
P-05	30	P-17	150	P-29	12,5	P-41	140
P-06	150	P-18	70	P-30	100	P-42	110
P-07	20	P-19	100	P-31	15,5	P-43	90
P-08	100	P-20	3	P-32	60	P-44	60
P-09	1,5	P-21	50	P-33	3	P-45	75
P-10	15	P-22	3	P-34	55	P-46	20
P-11	1,5	P-23	2	P-35	40	P-47	50
P-12	45	P-24	80	P-36	1,5		

	NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:				
Revisó:				
Dibujó:	FC	17/07/2020		
Escala: 1:250	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO DISTRIBUCION DE EQUIPOS</b>		Formato: A3	
			Hoja: 6 de 6	
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO AREA: <b>GENERAL</b>			Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	



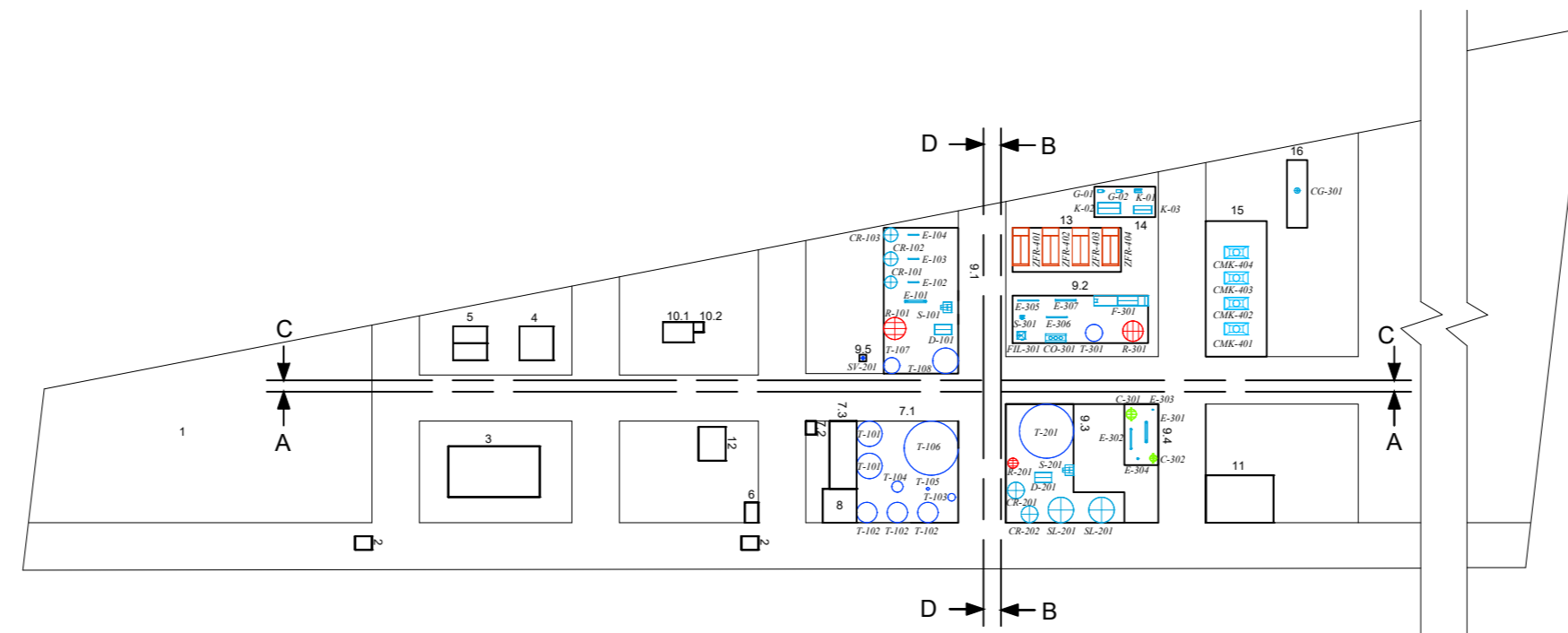


VISTA ISOMÉTRICA

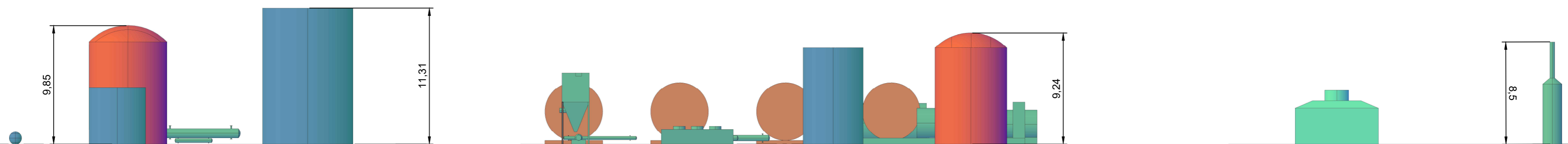
REFERENCIAS:  
█ CAÑERÍA DE PROCESO  
█ CAÑERÍA DE SERVICIO

NOTA: SE UTILIZA EL METRO COMO UNIDAD DE MEDIDA

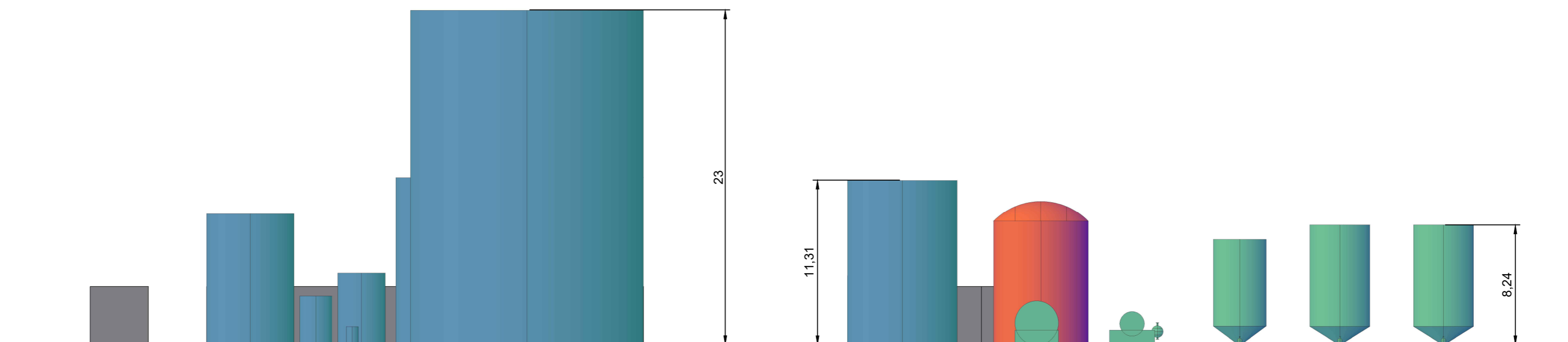
		<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:			
Revisó:			
Dibujó:	FC	15/07/2020	
Escala: 1 : 750	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO ISOMETRICO</b>		Formato: A2
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO AREA: <b>GENERAL</b>		Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	
		Hoja: 1 de 1	



VISTA EN PLANTA



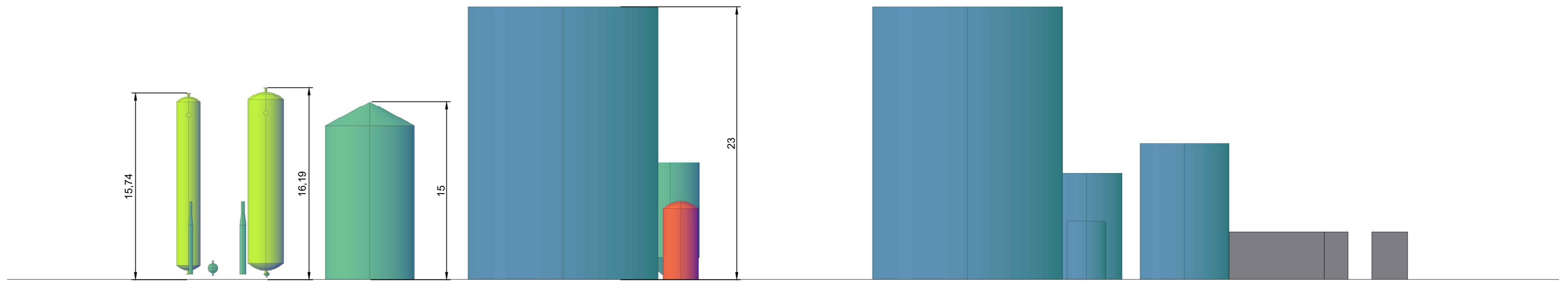
CORTE A-A (ESCALA 1:250)



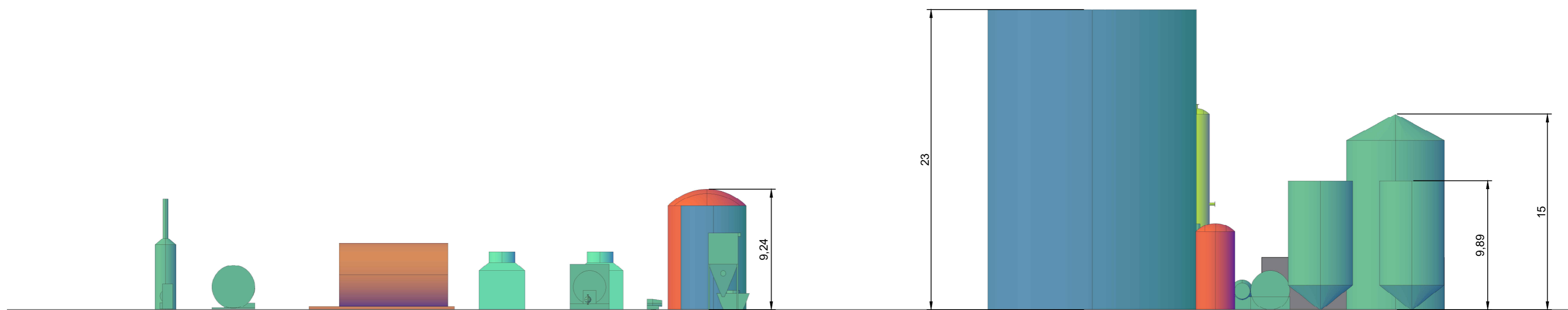
CORTE B-B (ESCALA 1:250)

NOTA: SE UTILIZA EL METRO COMO UNIDAD DE MEDIDA

	NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:				
Revisó:				
Dibujó:	FC	07/07/2020		
Escala: 1 : 2000	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO</b>		Formato: A2	
			Hoja: 1 de 2	
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO AREA: <b>GENERAL</b>			Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	



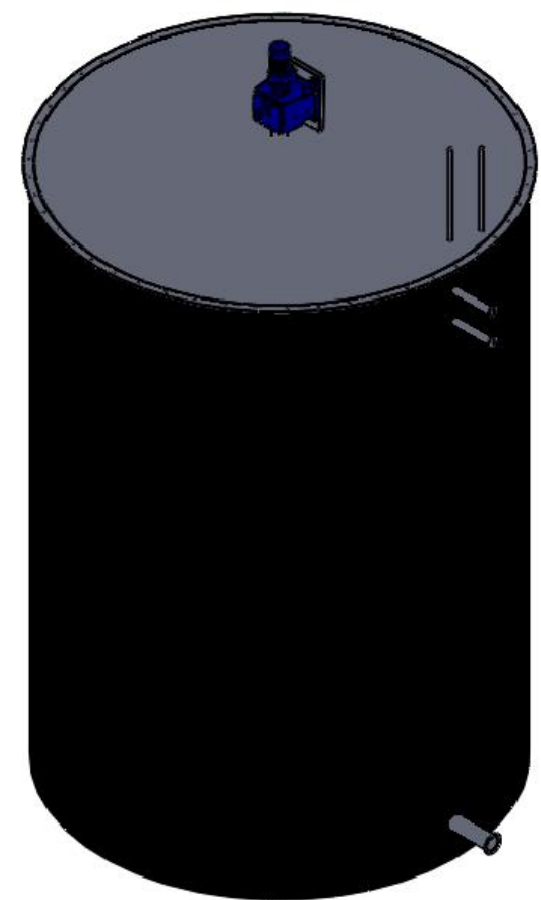
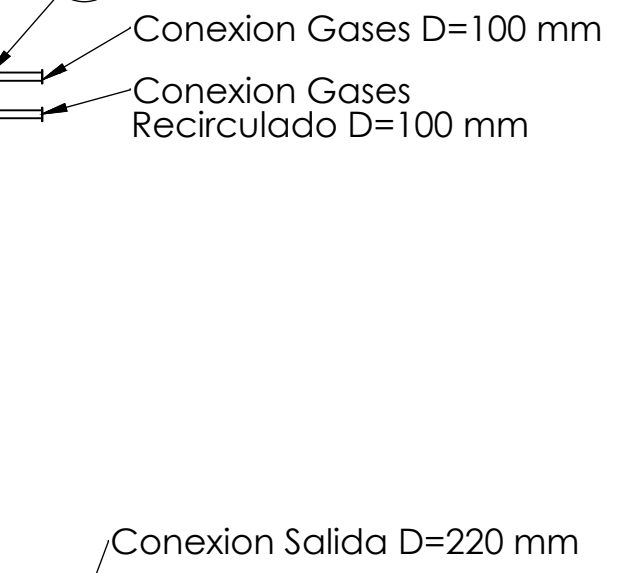
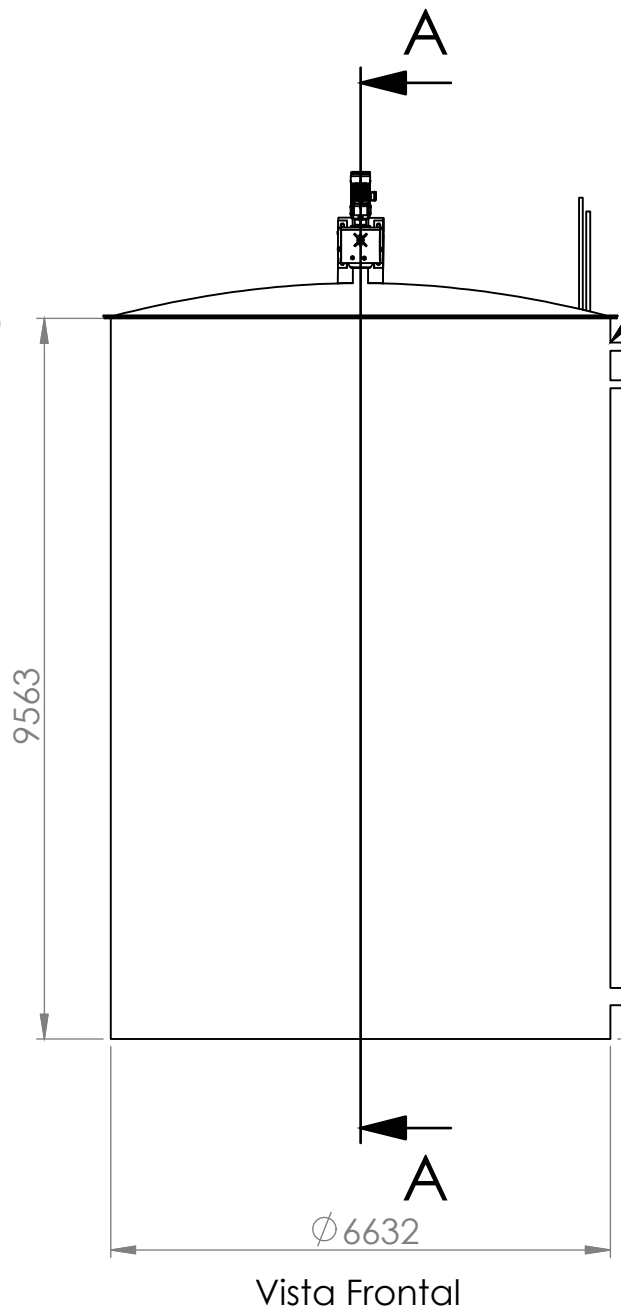
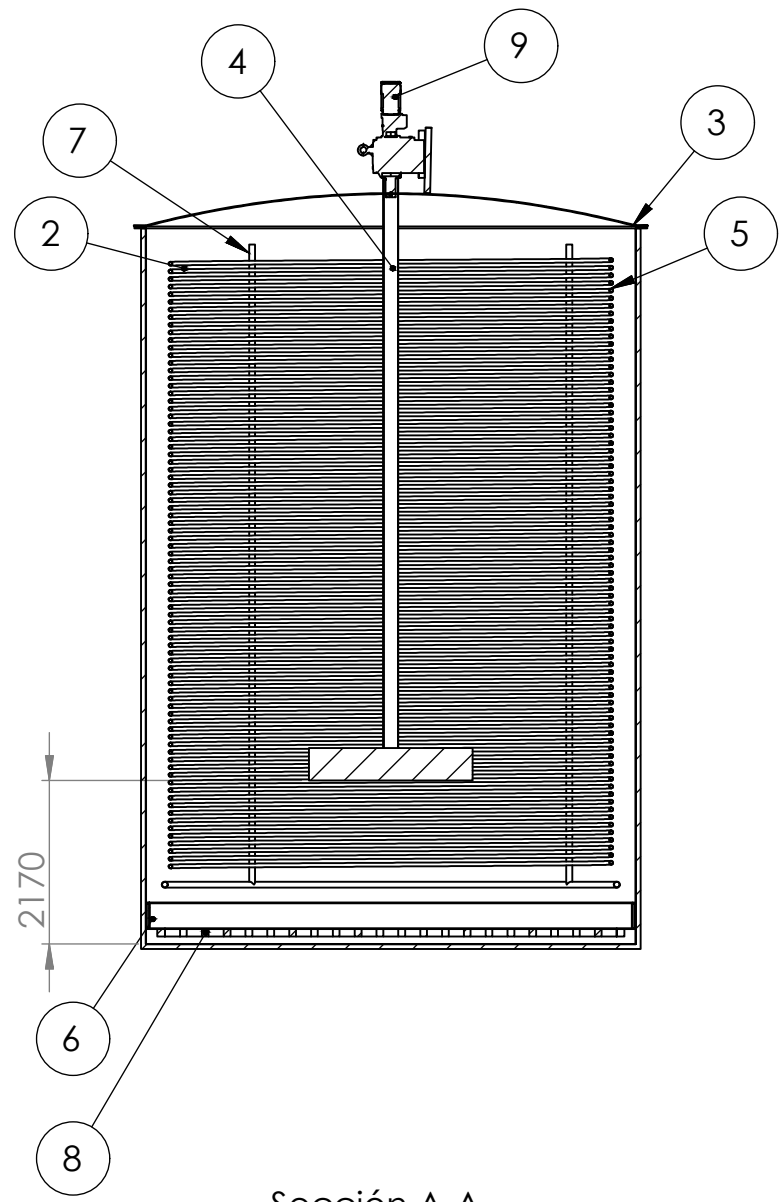
CORTE C-C (ESCALA 1:250)



CORTE D-D (ESCALA 1:250)

NOTA: SE UTILIZA EL METRO COMO UNIDAD DE MEDIDA

	NOMBRE	FECHA	<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:				
Revisó:				
Dibujó:	FC	07/07/2020		
Escala: 1 : 250	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO</b>		Formato: A2	
	<b>VISTA GENERAL Y CORTES</b>		Hoja: 2 de 2	
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREF TALICO AREA: <b>GENERAL</b>			Archivo digital: <b>MAQUETA.dwg</b>	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCION
1	REVESTIMIENTO	63mm ESP.
2	TANQUE	AISI 316
3	TAPA	
4	AGITADOR	D=2170mm L=430mm
5	SERPENTIN	A=232m <sup>2</sup> D=500mm N=80
6	CHAQUETA	Esp. 300mm A=184m <sup>2</sup>
7	DISTRIBUIDOR DE ALIMENTACION	12 BOQUILLAS 4 NIVELES
8	DISTRIBUIDOR AIRE	24608 ORIFICIOS
9	MOTOR Y CAJA REDUCTORA	100hp de1400 a 138 RPM

Nota: Todas las medidas se expresan en mm

NOMBRE		FECHA		<b>FACULTAD REGIONAL DE VILLA MARÍA UTN</b>	
Aprobó:					
Revisó:					
Dibujó:		FC 21/07/2020			
Escala: 1:100	Titulo: <b>PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO PLANO DE EQUIPO R-101</b>			Formato: A3	
				Hoja: 1 de 1	
PLANTA: PRODUCCION DE ACIDO TEREFTALICO		AREA: SECCION 100		Archivo digital: MAQUETA.dwg	