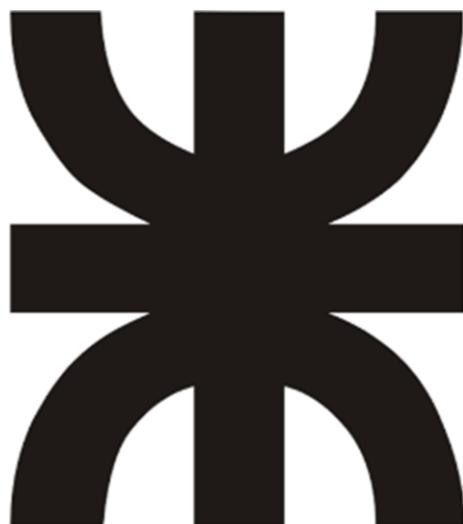


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL



FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA

PROYECTO FINAL DE GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA

***“PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO  
MEDIANTE DESTILACIÓN REACTIVA”***

PREVERO, KAREN BELÉN

RODRIGUEZ, FEDERICO ESTEBAN

Director de proyecto: Ing. Rubén Baccifava

2021

FIRMA DE ALUMNOS

PREVERO, Karen Belén .....

DNI: 39.325.263

RODRÍGUEZ, Federico Esteban .....

DNI: 37.441.111

Aceptado por UTN - Facultad Regional Villa María.....

APROBADA POR SU CONTENIDO Y ESTILO

Presidente del Tribunal: .....

Primer Miembro Vocal: .....

Segundo Miembro Vocal: .....

## *Agradecimientos*

Concluir una etapa, habiendo cumplido con los objetivos personales, es gratamente satisfactorio. Queremos agradecer en primer lugar a Dios y a nuestras familias. El apoyo constante de quiénes nos guiaron en la vida es fundamental para poder llegar hasta acá y, por supuesto, a nuestros amigos, por acompañarnos en todo el camino transitado.

A la Facultad Regional Villa María por todo lo brindado, a cada uno de los docentes que intervinieron en el proceso de formación, especialmente al Ing. Rubén Baccifava por acompañarnos con este proyecto y al Mg. Luis Alberto Toselli por dedicarnos el tiempo para ayudarnos.

Karen y Federico

## RESUMEN

El acetato de n-butilo, también conocido como etanoato de butilo, es un éster. En condiciones normales es un líquido incoloro e inflamable a temperatura ambiente. Se encuentra en muchos tipos de frutas, donde junto con otras sustancias químicas, imparte sabores característicos y tiene un olor dulce a plátano o manzana. Se utiliza como aromatizante sintético de frutas en alimentos como caramelos, helados, quesos y productos de panadería. El acetato de butilo se utiliza a menudo como disolvente en la formulación de pinturas, tintas, adhesivos y recubrimientos.

En nuestro país dejó de producirse en el año 2013 y el consumo nacional depende de las importaciones. En este proyecto se evalúa la factibilidad técnica y económica de la producción del acetato de n-butilo para poder suplantar las importaciones garantizando condiciones de competitividad. Para ello, se realiza un estudio de mercado que permite determinar la demanda nacional insatisfecha.

Además, se consideran todos los métodos de obtención para poder determinar la mejor opción pretendiendo adoptar un proceso de producción amigable con el medioambiente. Finalmente se realiza un estudio económico financiero que concluye en indicadores económicos que presumen la rentabilidad del proyecto y un análisis de sensibilidad para apreciar los riesgos de la inversión.

**PALABRAS CLAVES:** Acetato de n-butilo – Esterificación – Ácido acético – Butanol – Destilación reactiva – Éster – Solvente.

# INDICE

<b>CAPÍTULO I: OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 OBJETIVOS GENERALES.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA, PRODUCTO Y GENERALIDADES.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 MATERIAS PRIMAS.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 ÁCIDO ACÉTICO.....	17
2.2.1.1 <i>Identidad de la sustancia química</i> .....	17
2.2.1.2 <i>Descripción</i> .....	17
2.2.1.3 <i>Propiedades físicas</i> .....	17
2.2.1.4 <i>Propiedades Químicas</i> .....	18
2.2.2 BUTANOL.....	18
2.2.2.1 <i>Identidad de la sustancia química</i> .....	18
2.2.2.2 <i>Descripción</i> .....	18
2.2.2.3 <i>Propiedades físicas</i> .....	18
2.2.2.4 <i>Propiedades Químicas</i> .....	19
<b>2.3 PRODUCTO.....</b>	<b>19</b>
2.3.1 ACETATO DE N-BUTILO.....	19
2.3.1.1 <i>Identidad de la sustancia química</i> .....	19
2.3.1.2 <i>Descripción</i> .....	19
2.3.1.3 <i>Propiedades físicas</i> .....	20
2.3.1.4 <i>Propiedades químicas</i> .....	20
2.3.1.5 <i>Isómeros</i> .....	20
<b>2.4 PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS.....</b>	<b>21</b>
2.4.1 DEFINICIÓN Y GENERALIDADES.....	21
2.4.2 COMPOSICIÓN GENÉRICA DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS .....	22
2.4.3 FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES .....	22
2.4.4 FABRICACIÓN.....	23
2.4.5 CLASIFICACIÓN DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS.....	23
<b>2.5 SOLVENTES .....</b>	<b>26</b>
2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DISOLVENTES.....	27
2.5.1.1 <i>Solventes con uniones por puentes de hidrógeno débiles</i> .....	27
2.5.1.2 <i>Solventes con uniones por puentes de hidrógeno moderadamente fuertes</i> .....	27
2.5.1.3 <i>Solventes con uniones por puentes de hidrógeno fuertes</i> .....	28
2.5.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS DISOLVENTES.....	29
<b>CAPÍTULO III: ESTUDIO DE MERCADO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 MERCADO MUNDIAL DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS.....</b>	<b>32</b>
3.2.1 DEMANDA Y CONTEXTO INTERNACIONAL .....	32
3.2.2 PRINCIPALES ACTORES DEL MERCADO Y OFERTA MUNDIAL .....	35
3.2.3 SITUACIÓN REGIONAL .....	35

3.2.4 MERCADO NACIONAL .....	36
<b>3.3 PRODUCTO - ACETATO DE N-BUTILO.....</b>	<b>39</b>
3.3.1 COMERCIO EXTERIOR DE ACETATO DE N-BUTILO .....	39
3.3.2 MERCADO ARGENTINO DE ACETATO DE N-BUTILO.....	41
3.3.2.1 <i>Demanda nacional</i> .....	41
3.3.2.2 <i>Estimación y proyección de la demanda insatisfecha</i> .....	42
3.3.3 MERCADO REGIONAL DE ACETATO DE N-BUTILO .....	45
<b>3.4 MATERIAS PRIMAS - ÁCIDO ACÉTICO .....</b>	<b>49</b>
3.4.2 DEMANDA Y CONTEXTO INTERNACIONAL .....	49
3.4.3 PRINCIPALES ACTORES DEL MERCADO Y OFERTA MUNDIAL .....	50
3.4.4 SITUACIÓN REGIONAL .....	51
3.4.5 MERCADO NACIONAL .....	52
<b>3.5 MATERIAS PRIMAS - BUTANOL .....</b>	<b>53</b>
3.5.1 DEMANDA Y CONTEXTO INTERNACIONAL .....	53
3.5.2 PRINCIPALES ACTORES DEL MERCADO.....	53
3.5.3 SITUACIÓN REGIONAL.....	54
3.5.4 MERCADO NACIONAL.....	55
<b>3.6 ANÁLISIS FODA.....</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO IV: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2 MACROLOCALIZACIÓN .....</b>	<b>59</b>
4.2.1 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA .....	60
4.2.2 DISPONIBILIDAD DE ZONAS DE CONSUMO .....	61
4.2.3 DISPONIBILIDAD DE TRANSPORTE .....	63
4.2.4 DISPONIBILIDAD DE PARQUES INDUSTRIALES.....	64
4.2.5 DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA .....	65
4.2.6 CONCLUSIÓN MACRO LOCALIZACIÓN .....	68
<b>4.3 MICRO LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>68</b>
4.3.1 PARQUES INDUSTRIALES .....	69
4.3.2 MATERIAS PRIMAS Y ZONAS DE CONSUMO .....	71
4.3.3 ANÁLISIS COMPARATIVO .....	72
4.3.3.1 <i>Factores internos</i> .....	73
4.3.3.2 <i>Factores externos</i> .....	73
4.3.3.3 <i>Método de puntuaciones ponderadas</i> .....	74
4.3.5 PARQUE INDUSTRIAL Y LOGÍSTICO PARANÁ DE LAS PALMAS – ZÁRATE .....	76
4.3.5.1 <i>Localización estratégica</i> .....	76
4.3.5.2 <i>Accesos</i> .....	76
4.3.5.3 <i>Infraestructura y servicios</i> .....	77
4.3.5.4 <i>Plano - Ubicación específica</i> .....	78
<b>CAPÍTULO V: CAPACIDAD DE LA PLANTA .....</b>	<b>81</b>
<b>5.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>81</b>
<b>5.2 DEMANDA DE ACETATO DE N-BUTILO .....</b>	<b>81</b>
<b>5.3 CALCULO DEL TAMAÑO OPTIMO DEL PROYECTO .....</b>	<b>82</b>
<b>CAPITULO VI: SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....</b>	<b>86</b>

<b>6.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>86</b>
<b>6.2 PRINCIPALES MÉTODOS DE OBTENCIÓN .....</b>	<b>86</b>
6.2.1 TRANSESTERIFICACIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO Y METANOL .....	87
6.2.2 ESTERIFICACIÓN DIRECTA DE ACETATO DE N-BUTILO POR DESTILACIÓN TRADICIONAL.....	87
<b>6.3 DESTILACIÓN REACTIVA.....</b>	<b>89</b>
6.3.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	89
6.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	91
6.3.2.1 <i>Presión</i> .....	91
6.3.2.2 <i>Temperatura</i> .....	91
6.3.3 LIMITACIONES EN LA APLICACIÓN DE LA DR.....	92
6.3.3.1 <i>Desajuste de presión y temperatura</i> .....	92
6.3.3.2 <i>Volatilidades desfavorables</i> .....	93
6.3.3.3 <i>Reacciones de baja velocidad</i> .....	93
<b>6.4 OBTENCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO MEDIANTE DESTILACIÓN REACTIVA.....</b>	<b>93</b>
6.4.1 SÍNTESIS DEL ACETATO DE N-BUTILO. MECANISMO DE REACCIÓN .....	93
6.4.2 CATALIZADORES .....	95
6.4.3 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	95
6.4.4 AZEÓTROPOS .....	95
6.4.5 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE VARIABLES DE OPERACIÓN .....	96
6.4.6 DESTILACIÓN REACTIVA CON USO DE PRE-REACTOR.....	96
6.4.7 DESTILACIÓN REACTIVA SIN USO DE PRE-REACTOR .....	97
<b>6.5 ANTECEDENTES EN LA PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO MEDIANTE DR.....</b>	<b>97</b>
<b>6.6 DISPOSICIÓN FINAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN .....</b>	<b>100</b>
6.6.1 ALMACENAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA .....	101
6.6.2 REACCIÓN Y SEPARACIÓN .....	102
6.6.2.1 <i>Catalizador – Resina de intercambio</i> .....	103
6.6.2.1.1 <i>Amberlyst 15wet</i> .....	104
6.6.3 SEPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL .....	105
<b>6.7 DIAGRAMA DE FLUJO .....</b>	<b>106</b>
<b>CAPITULO VII: BALANCE DE MASA Y ENERGÍA .....</b>	<b>109</b>
<b>7.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>109</b>
<b>7.2 DIAGRAMA DE FLUJO .....</b>	<b>110</b>
<b>7.3 BALANCE DE MASA.....</b>	<b>114</b>
7.3.1 MEZCLADOR ESTÁTICO – ME-01.....	114
7.3.2 COLUMNA DE DESTILACIÓN REACTIVA – C-01 .....	116
7.3.3 DECANTADOR – D-01 .....	117
7.3.4 VÁLVULA – CV-04.....	118
<b>7.4 BALANCE DE ENERGÍA .....</b>	<b>119</b>
7.4.1 ECONOMIZADOR E-01.....	121
7.4.2 INTERCAMBIADOR E-02.....	122
7.4.3 REHERVIDOR E-03.....	124
7.4.4 CONDENSADOR E-04 .....	126
7.4.5 INTERCAMBIADOR E-05.....	128
7.4.6 CALOR DE REACCIÓN .....	130
7.4.7 INTERCAMBIO ENERGÉTICO EN PUESTA EN MARCHA .....	131

<b>7.5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>CAPÍTULO VIII: DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>134</b>
<b>8.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>134</b>
<b>8.2 TANQUES .....</b>	<b>134</b>
<b>8.3 MEZCLADOR ESTÁTICO ME-01 .....</b>	<b>140</b>
<b>8.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR.....</b>	<b>141</b>
8.4.1 INTERCAMBIADOR DE CALOR E-01 - ECONOMIZADOR .....	142
8.4.2 INTERCAMBIADOR DE CALOR E-02 .....	143
8.4.3. INTERCAMBIADOR DE CALOR E -04 – CONDENSADOR .....	144
8.4.4 INTERCAMBIADOR DE CALOR E-05 .....	145
<b>8.5. DECANTADOR D-01 .....</b>	<b>146</b>
8.5.1 CÁLCULO DE DISEÑO.....	148
<b>8.6 COLUMNA DE DESTILACIÓN REACTIVA - C-01.....</b>	<b>151</b>
8.6.1 PERFIL DE TEMPERATURAS .....	152
8.6.2 ZONA DE RECTIFICACIÓN .....	154
8.6.2.1 <i>Tipo de plato</i> .....	156
8.6.3 ZONA DE REACCIÓN .....	158
8.6.3.1 <i>Cinética de la reacción y catálisis</i> .....	158
8.6.3.2 <i>Relleno y estimación de altura equivalente por etapa reactiva</i> .....	160
8.6.4 ZONA DE AGOTAMIENTO .....	165
8.6.5 DIMENSIONES DE LA COLUMNA .....	166
8.6.5.1 <i>Distancia de fondo</i> .....	166
<b>8.7 BOMBAS .....</b>	<b>168</b>
8.7.1 ADOPCIÓN DE P-01 Y P-02.....	173
8.7.2 ADOPCIÓN DE P-03 .....	177
8.7.3 ADOPCIÓN DE P-04 .....	179
8.7.4 ADOPCIÓN DE P-05 .....	181
8.7.5 ADOPCIÓN DE P-06 .....	183
8.7.6 ADOPCIÓN DE P-07 .....	185
8.7.7 ADOPCIÓN DE P-08 .....	187
<b>CAPÍTULO IX: SERVICIOS AUXILIARES.....</b>	<b>190</b>
<b>9.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>190</b>
<b>9.2 AGUA.....</b>	<b>190</b>
9.2.1 ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA.....	190
9.2.1.1 <i>Filtración</i> .....	191
9.2.1.2 <i>Filtración por membrana – Osmosis inversa</i> .....	192
9.2.1.3 <i>Ablandamiento</i> .....	192
9.2.1.4 <i>Desgasificación</i> .....	193
9.2.2 AGUA DE ENFRIAMIENTO.....	194
9.2.2.1 <i>Almacenamiento de agua de enfriamiento para reposición en CT-01</i> .....	194
9.2.2.2 <i>Torre de enfriamiento</i> .....	195
9.2.2.3 <i>Adopción torre de enfriamiento</i> .....	196
<b>9.3 VAPOR DE AGUA .....</b>	<b>198</b>
9.3.1 ALMACENAMIENTO DE AGUA DE REPOSICIÓN EN CALDERA .....	198
9.3.2 CONSIDERACIONES PARA CALDERAS .....	199

9.3.3 ADOPCIÓN DE CALDERA.....	200
9.3.4 DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y CONDENSADO .....	202
9.3.5 PÉRDIDA DE CALOR EN LA RED .....	203
9.3.6 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	204
9.3.7 TRAMPAS DE VAPOR.....	204
<b>9.4 GAS.....</b>	<b>206</b>
<b>9.5 BOMBAS .....</b>	<b>206</b>
9.5.1 BOMBA P-10 - CIRCULACIÓN DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.....	206
9.5.2 BOMBAS P-11 Y P-12 - RETORNO DE CONDENSADOS.....	211
<b>CAPÍTULO X: GESTIÓN DE CALIDAD .....</b>	<b>216</b>
<b>10.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>216</b>
<b>10.2 CONTROL DE MATERIAS PRIMAS .....</b>	<b>216</b>
10.2.1 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD REQUERIDAS.....	217
10.2.2 REGISTRO DE ANÁLISIS .....	217
10.2.3 PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE DESCARGA .....	218
<b>10.3 CONTROL DE PROCESO .....</b>	<b>220</b>
10.3.1 PLAN DE CONTROL DE PROCESO .....	220
10.3.2 REGISTROS DE CONTROL DE PROCESO.....	230
<b>10.4 CONTROL PRODUCTO TERMINADO.....</b>	<b>232</b>
<b>10.5 MÉTODOS ANALÍTICOS .....</b>	<b>232</b>
10.5.1 MT-LAB-01 DETERMINACIÓN DE PUREZA Y COMPOSICIÓN .....	232
10.5.2 MT-LAB-02 DETERMINACIÓN DE DENSIDAD .....	234
10.5.3 MT-LAB-03 APARIENCIA .....	235
<b>10.6 EFLUENTES .....</b>	<b>236</b>
10.6.1 DESTINO DEL EFLUENTE.....	236
<b>CAPÍTULO XI: OBRAS CIVILES.....</b>	<b>239</b>
<b>11.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>239</b>
<b>11.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO.....</b>	<b>239</b>
11.2.1 ESTACIONAMIENTO: SECTOR 1.....	243
11.2.2 PORTERÍA: SECTOR 2.....	244
11.2.3 HALL DE ACCESO Y RECEPCIÓN: SECTOR 3 .....	244
11.2.4 OFICINAS ADMINISTRATIVAS: SECTOR 4 .....	245
11.2.5 SALA DE REUNIONES: SECTOR 5 .....	245
11.2.6 SANITARIOS: SECTOR 6 .....	245
11.2.7 COMEDOR Y COCINA: SECTOR 7 Y 8.....	246
11.2.8 SANITARIOS Y VESTIDORES: SECTOR 9 Y 10 .....	246
11.2.9 DESCARGA DE MATERIAS PRIMAS Y CARGA DE PRODUCTO TERMINADO: SECTOR 11 Y 12 .....	247
11.2.10 ESPACIO DE CIRCULACIÓN DE CAMIONES: SECTOR 13.....	247
11.2.11 ÁREA DE PRODUCCIÓN: SECTOR 14.....	247
11.2.12 TRATAMIENTO DE AGUA: SECTOR 15.....	248
11.2.13 PANEL DE CONTROL: SECTOR 16.....	248
11.2.14 LABORATORIO: SECTOR 17 .....	248
11.2.15 OFICINAS: SECTOR 18 .....	249
11.2.16 TALLER DE MANTENIMIENTO: SECTOR 20 .....	249

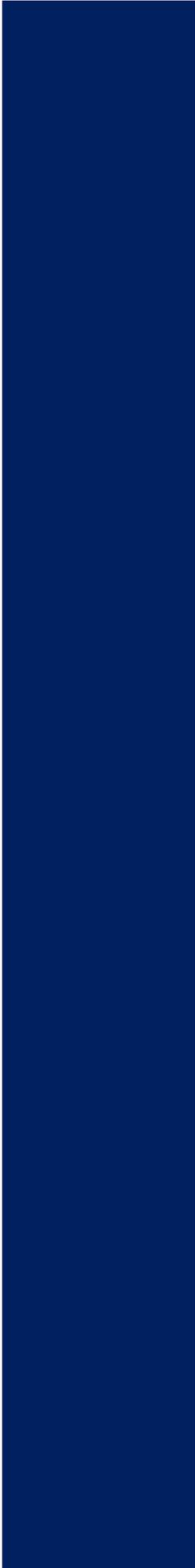
<b>CAPÍTULO XII: INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....</b>	<b>251</b>
<b>12.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>251</b>
<b>12.2 DESCRIPCIÓN GENERAL .....</b>	<b>251</b>
<b>12.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....</b>	<b>251</b>
12.3.1 ACOMETIDA .....	251
12.3.2 EQUIPO DE MEDICIÓN .....	252
12.3.3 INTERRUPTORES .....	252
12.3.4 ARRANCADORES .....	252
12.3.5 TRANSFORMADOR .....	252
12.3.6 TABLEROS .....	252
12.3.6.1 <i>Tablero general</i> .....	252
12.3.6.2 <i>Centro de control de motores</i> .....	252
12.3.6.3 <i>Tablero de distribución o derivados</i> .....	253
12.3.7 MOTORES Y EQUIPOS ACCIONADOS POR MOTORES .....	253
12.3.8 SALIDA PARA ALUMBRADO Y CONTACTOS .....	253
12.3.9 TIERRA O NEUTRO .....	253
12.3.10 INTERCONEXIÓN .....	254
<b>12.4 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE PROCESO .....</b>	<b>254</b>
<b>12.5 REQUERIMIENTO DE ILUMINACIÓN .....</b>	<b>254</b>
12.5.1 ADOPCIÓN DE TIPOS DE ILUMINARIA .....	256
12.5.1.1 <i>Cálculo del número de luminarias interiores</i> .....	258
12.5.1.2 <i>Cálculo del número de luminarias exteriores</i> .....	260
<b>12.6 CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....</b>	<b>261</b>
<b>12.7 CONSUMO TOTAL DE LA PLANTA .....</b>	<b>262</b>
<b>CAPÍTULO XIII: ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>264</b>
<b>13.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>264</b>
<b>13.2 TIPO DE SOCIEDAD COMERCIAL .....</b>	<b>264</b>
<b>13.3 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>265</b>
13.3.1 ORGANIZACIÓN INTERNA.....	265
<b>13.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO .....</b>	<b>266</b>
13.4.1 GERENTE GENERAL.....	266
13.4.2 DEPARTAMENTO DE HIGIENE Y SEGURIDAD.....	268
13.4.3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD .....	268
13.4.4 DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN .....	269
13.4.5 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	270
13.4.6 DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN.....	271
13.4.7 DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA.....	272
<b>13.5 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y TURNOS DE TRABAJO .....</b>	<b>273</b>
13.5.1 RÉGIMEN DE JORNADAS, HORARIOS DE TRABAJO Y DESCANSOS.....	273
<b>CAPÍTULO XIV: CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS.....</b>	<b>276</b>
<b>14.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>276</b>
<b>14.2 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO.....</b>	<b>276</b>
<b>14.3 CONTROL AUTOMÁTICO SOBRE TANQUES.....</b>	<b>277</b>

<b>14.4 CONTROL AUTOMÁTICO EN INTERCAMBIADORES DE CALOR .....</b>	<b>280</b>
<b>14.5 CONTROL AUTOMÁTICO EN SEPARACIÓN .....</b>	<b>281</b>
14.5.1 DECANTACIÓN, RECTIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE FASE ACUOSA .....	281
14.5.1.1 <i>Radars de onda guiada como sensores de nivel.....</i>	<i>281</i>
14.5.1.2 <i>Adopción del radar de onda guiada como elemento primario y secundario de control .....</i>	<i>283</i>
14.5.1.3 <i>Adopción de las válvulas de control como elementos finales de acción .....</i>	<i>283</i>
<b>14.6 CONTROL AUTOMÁTICO TOTAL .....</b>	<b>285</b>
<b>CAPÍTULO XV: SEGURIDAD INDUSTRIAL.....</b>	<b>290</b>
<b>15.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>290</b>
<b>15.2 LEGISLACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>290</b>
<b>15.3 GESTIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD .....</b>	<b>290</b>
<b>15.4 ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERATIVIDAD.....</b>	<b>291</b>
15.4.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	291
15.4.2 PALABRAS GUÍAS .....	291
<b>15.5 SEGURIDAD EN PREVENCIÓN, DEFENSA Y ACTUACIÓN .....</b>	<b>293</b>
15.5.1 ORDEN Y LIMPIEZA .....	293
15.5.2 SEÑALIZACIÓN.....	294
15.5.3 PROTECCIÓN COLECTIVA.....	300
15.5.4 PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	301
<b>15.6 PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS .....</b>	<b>304</b>
15.6.1 FUNCIONES .....	305
15.6.2 ANÁLISIS Y VULNERABILIDAD DE LA EMPRESA .....	305
15.6.3 MEDIDAS PREVENTIVAS ADOPTADAS.....	306
15.6.4 PLAN DE INTERVENCIÓN DE EMERGENCIAS CONTRA INCENDIOS .....	306
15.6.3.1 <i>Desarrollo del Plan específico.....</i>	<i>306</i>
<b>15.7 SEGURIDAD MEDIOAMBIENTAL.....</b>	<b>307</b>
15.7.1 POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL.....	307
15.7.2 RESIDUOS SÓLIDOS.....	307
15.7.3 EFLUENTES LÍQUIDOS.....	308
<b>CAPÍTULO XVI: ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO .....</b>	<b>310</b>
<b>16.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>310</b>
<b>16.2 INVERSIÓN .....</b>	<b>310</b>
16.2.1 ACTIVOS FIJOS.....	311
16.2.1.1 <i>Obras civiles .....</i>	<i>312</i>
16.2.1.2 <i>Equipos industriales y accesorios .....</i>	<i>312</i>
16.2.1.3 <i>Mobiliarios y elementos de oficina.....</i>	<i>313</i>
16.2.1.4 <i>Rodados.....</i>	<i>314</i>
16.2.1.5 <i>Resumen de activos fijos .....</i>	<i>314</i>
16.2.2 ACTIVOS NOMINALES –RUBROS ASIMILABLES .....	315
16.2.3 CAPITAL DE TRABAJO .....	316
16.2.4 <i>Inversión necesaria.....</i>	<i>316</i>
<b>16.3 COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>317</b>

16.3.1 COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN .....	317
16.3.1.1 <i>Materias primas</i> .....	317
16.3.1.2 <i>Insumos</i> .....	318
16.3.1.3 <i>Mano de obra directa</i> .....	318
16.3.1.4 <i>Servicios auxiliares</i> .....	318
16.3.1.5 <i>Resumen de costos directos de producción</i> .....	318
16.3.2 COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN .....	319
16.3.2.1 <i>Mano de obra indirecta</i> .....	319
16.3.3 COSTOS FIJOS INDIRECTOS .....	320
16.3.3.1 <i>Amortización y depreciaciones</i> .....	320
16.3.3.2 <i>Seguros e impuestos</i> .....	321
<b>16.4 COSTOS GENERALES .....</b>	<b>321</b>
<b>16.5 INGRESO POR VENTAS .....</b>	<b>321</b>
<b>16.6 FINANCIACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>322</b>
<b>16.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>323</b>
16.7.1 ESTADO DE RESULTADOS .....	323
16.7.2 <i>Indicadores económicos</i> .....	327
16.7.2.1 <i>Valor Actual Neto</i> .....	328
16.7.2.2 <i>Tasa Interna de Retorno</i> .....	328
16.7.2.3 <i>Período de Recuperación de la Inversión</i> .....	329
16.7.2.4 <i>Relación beneficio/costo</i> .....	329
16.7.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	330
16.7.3.1 <i>Variaciones de la TIR con el precio de venta</i> .....	330
16.7.3.2 <i>Variación de la TIR con el costo de la materia prima</i> .....	331
16.7.3.3 <i>Variación de la TIR con mano de obra</i> .....	331
<b>16.8 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO .....</b>	<b>332</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>334</b>
<b>2.6 CONCLUSIONES .....</b>	<b>334</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>336</b>
<b>ANEXO I: FICHAS DE SEGURIDAD .....</b>	<b>341</b>
ACIDO ACÉTICO GLACIAL .....	341
N-BUTANOL .....	346
ACETATO DE N-BUTILO .....	351
<b>ANEXO II: PLANIMETRÍA .....</b>	<b>359</b>

# CAPÍTULO I

## OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO



## **CAPÍTULO I: OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Este proyecto trata la posibilidad de instalar una planta productora de acetato de n-butilo en la República Argentina pretendiendo asegurar un producto competitivo y de calidad a los fines de poder cubrir total o parcialmente la demanda nacional. Dicho producto es importado a este país.

El acetato de n-butilo es un éster que industrialmente está catalogado como solvente orgánico volátil (VOC) e implica una solución atractiva en los procesos de fabricación de pinturas y recubrimientos, principalmente, debido a sus propiedades físicas y químicas. De todos los orgánicos volátiles, este acetato puntualmente, es el más amigable con el medioambiente.

El uso y destino del solvente que se pretende estudiar, no es acotado en el rubro de pinturas y recubrimientos. Si el de mayor volumen de consumo. Es necesario acetato de n-butilo en industrias de cosméticos, del cuero, en la producción de tintas y adhesivos y en la industria farmacéutica. Se considera la variedad de aplicaciones como un punto a favor.

En la historia de sus síntesis, fueron desarrollados diferentes mecanismos de obtención, pero siempre han representado elevados costos de operación e inversión inicial. El auge de la destilación reactiva como proceso de obtención de diversos compuestos similares, representa, en un principio, la mejor alternativa para su obtención.

### **1.2 OBJETIVOS GENERALES**

Se plantea como objetivo general aprovechar la conjunción de la utilidad de un producto y un beneficioso método de obtención. Esta premisa, hace el interés de realizar una evaluación técnica y económica de la instalación de una planta productora de acetato de n-butilo en Argentina, sabiendo que no existe, al día de la fecha, producción nacional. Puntualizar los aspectos técnicos y económicos, serán indispensables para el desarrollo de este proyecto.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer las propiedades técnicas del producto y comprender su beneficio en la industria, así como conocer las propiedades fisicoquímicas del mismo y de las materias primas que lo forman.
- Resaltar y comparar los beneficios del uso y destino del acetato de n-butilo en comparación con el resto de los solventes orgánicos de interés industrial.
- Analizar el comportamiento de los mercados nacionales e internacionales, tanto del producto como de la materia prima, para poder estimar una demanda insatisfecha nacional y regional.
- Examinar el consumo y la demanda de los países de la región y del mundo a los fines de establecer la posibilidad de exportar con el firme propósito de asegurar mayor producción y minimizar el riesgo de encontrarse con un proyecto no rentable.
- Distinguir cuales son los principales países del mundo que definen la demanda y la oferta para saber posicionar a la Argentina como posible país exportador.
- Proyectar una demanda nacional insatisfecha en base al consumo local, ignorando comportamientos atípicos y poco frecuentes en el mercado.
- Calcular la capacidad instalada que debería tener la instalación en base a una proyección de consumo en los próximos diez años.

- Estudiar, sobre la geografía de la República Argentina, los recursos de cada zona para poder encontrar un sitio de instalación de la planta que asegure la mejor opción.
- Tener un panorama general sobre todos los parques logísticos e industriales de la nación y saber cuál responde a las necesidades de este proyecto.
- Determinar un mecanismo de síntesis del producto que represente la mejor alternativa en términos de inversión inicial, facilidad de variables de operación y mayor rendimiento.
- Poder concluir que la destilación reactiva, como método integrador de reacción y separación, es la alternativa más atractiva para ejecutar la producción de acetato de n-butilo.
- Enfatizar el beneficio de mejores rendimientos de reacción, buen grado de separación y ahorro energético de la destilación reactiva.
- Planificar el ritmo de producción a través del cálculo de los balances de masa y energía definiendo una producción continua que logre cubrir la demanda proyectada con anterioridad.
- Asentar las variables técnicas del proceso de producción.
- Aprovechar los balances de masa y energía para establecer, si es posible, mecanismos de integración energética que generen mayores beneficios económicos.
- Recurrir a la ingeniería de diseño para definir las dimensiones físicas de todos los equipos que intervienen sobre la línea directa de producción en función de los parámetros de funcionamiento.
- Puntualizar las nociones básicas de diseño de equipos cuyas operaciones tienen transferencia de cantidad de movimiento, de energía térmica y transferencia de masa.
- Adoptar, bajo los conocimientos adquiridos, los servicios auxiliares que cubran necesidades definidas en el proceso.
- Describir los factores y mecanismos operativos que generen agua y vapor de calidad en una correcta implementación de servicios auxiliares.
- Organizar un sistema de calidad que garantice las buenas prácticas de producción y asegurar la calidad desde las materias primas hasta producto final.
- Precisar la extensión física de toda la planta, tanto el sector de producción como los edificios de obra civiles necesarios para el correcto desarrollo de la empresa.
- Englobar la planta de producción en un marco legal de operación bajo la ley de una sociedad comercial que pueda ya empezar a funcionar como una empresa.
- Enumerar y ordenar, bajo una estructura de jerarquías, todos los puestos de trabajo necesarios.
- Apelar a los conocimientos del control automático de procesos para determinar los posibles arreglos de control mediante elementos de medición, transmisión y actuadores a los fines de mantener variables controladas automáticamente.
- Instituir en todos y cada uno de los aspectos de seguridad e higiene en la industria.
- Labrar un estudio económico financiero considerando los costos totales y beneficios para convenir en indicadores económicos que puedan predecir la rentabilidad del proyecto y el riesgo de la inversión inicial.

# CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, MATERIAS PRIMAS Y  
GENERALIDADES



## CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA, PRODUCTO Y GENERALIDADES

### 2.1 INTRODUCCIÓN

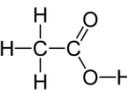
En este capítulo se habla de los solventes, y en particular, acetato de n-butilo, al igual que las materias primas e insumos necesarios para su obtención. Se describe además la composición genérica de las pinturas y la función de cada componente, ya que el principal destino del acetato de n-butilo son las pinturas y revestimientos.

Las fichas de seguridad de los insumos se pueden observar en el anexo I.

### 2.2 MATERIAS PRIMAS

#### 2.2.1 Ácido Acético

##### 2.2.1.1 Identidad de la sustancia química

- Fórmula molecular:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  /  $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$ .
- Estructura molecular: 
- Nº CAS: 64-19-7
- Sinónimos: Ácido metilcarboxílico, ácido etanoico, ácido acético glacial.

##### 2.2.1.2 Descripción

Líquido incoloro con olor penetrante y picante. La sustancia es moderadamente ácida, volátil y cristaliza a baja temperatura y usualmente es empleado como regulador de pH.

El ácido acético, es el ácido orgánico de mayor utilización. Es usado como bactericida y en la producción de anhídrido acético, ésteres de acetato, acetato de celulosa, monómero de vinilacetato, y ácido cloroacético además de biopolímeros.

Se emplea para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina; se utiliza como corrosivo moderado, neutralizador, removedor de óxidos y sustancias en limpieza química, en electrólisis, industria del caucho natural, sintético y de silicona, en la industria fotográfica, en los micronutrientes para agricultura y en preparaciones con iones metálicos y orgánicos (Victor H. Anreda , Joseph R. Zoeller, 1992).

##### 2.2.1.3 Propiedades físicas

Propiedad	Valor
Densidad relativa (agua = 1)	1,50
Masa molar (g/mol)	60,02
Punto de fusión (°C)	17
Punto de ebullición (°C)	118
Solubilidad en agua ( g/100ml) a 20°C	Miscible
Presión de vapor (kPa) a 20°C	1.5
Punto de inflamación (°C)	39
Temperatura de autoignición (°C)	485
Límite de explosividad (% en volumen de aire)	6-17

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.2.1.4 Propiedades Químicas

Como ácido carboxílico, forma derivados típicos tales como cloruros de ácido, anhídridos, ésteres y amidas. Se puede reducir (eliminación de oxígeno o adición de hidrógeno) para obtener etanol. Cuando se calienta a más de 440 °C, se descompone para dar dióxido de carbono y metano. También es higroscópico, lo que significa que tiende a absorber la humedad. Se mezcla con alcohol etílico, glicerol, éter, tetracloruro de carbono y agua y reacciona con oxidantes y bases. El ácido acético concentrado es corrosivo y ataca muchos metales formando gases inflamables o explosivos. También puede atacar algunas formas de plástico, caucho y revestimientos (Scientific, 2021).

#### 2.2.2 Butanol

##### 2.2.2.1 Identidad de la sustancia química

- Fórmula molecular:  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-OH / (C}_4\text{H}_{10}\text{O)}$
- Estructura molecular: 
$$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\ & | & | & | & | & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{O} & -\text{H} \\ & | & | & | & | & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \end{array}$$
- Nº CAS: 71-36-3
- Sinónimos: Butanol, 1-butanol, Alcohol butílico.

##### 2.2.2.2 Descripción

El alcohol butílico es un líquido inflamable incoloro con fuerte olor a alcohol. Es un líquido altamente refractivo y arde con una llama fuertemente luminosa. El alcohol n-butílico tiene un uso extensivo en una gran cantidad de industrias y puede usarse como solvente de una variedad de pinturas y la materia prima para producir plastificantes, ftalato de dibutilo, para la fabricación de acrilato de butilo, acetato de butilo y éter butílico de etilenglicol. También como extracto de intermedios de síntesis orgánica y fármacos bioquímicos (BookChemical, 2021).

Además de ser la materia prima para la síntesis del acetato de n-butilo, este también se constituye como un solvente que puede competir con el mismo, dado que sus usos son similares como la gran mayoría de los alcoholes.

##### 2.2.2.3 Propiedades físicas

Tabla 2-2: Propiedades físicas del n-Butanol	
Propiedad	Valor
Densidad relativa (agua = 1)	0,81
Masa molar (g/mol)	74,1
Punto de fusión (°C)	-90
Punto de ebullición (°C)	117
Solubilidad en agua ( g/100ml) a 20°C	7,7
Presión de vapor (kPa) a 20°C	0,58
Punto de inflamación (°C)	29
Temperatura de autoignición (°C)	345
Límite de explosividad (% en volumen de aire)	1,4 – 11

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.2.2.4 Propiedades Químicas

El n-Butanol es incompatible con ácidos fuertes, agentes oxidantes fuertes, aluminio, cloruros de ácido, anhídridos de ácido, cobre y aleaciones de cobre y además es miscible con etanol, éter y otros tipos de disolventes orgánicos. Se pueden reconocer fácilmente al menos 3 isómeros que son: el 2-Butanol, el Isobutanol y el 2-metil-2-propanol (BookChemical, 2021).

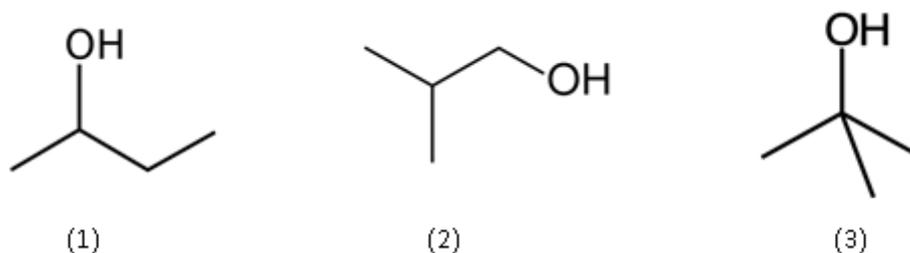


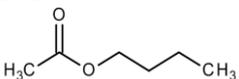
Imagen 2-1: Isómeros. (1) 2-Butanol o butanodiol – (2) Isobutanol o 2-metil-1-propanol – (3) Terbutanol o 2-metil-2-propanol. Fuente: Elaboración propia.

## 2.3 PRODUCTO

### 2.3.1 Acetato de n-butilo

El acetato de n-butilo (BuOAc) recibió varias clasificaciones técnicas que se encargaron de distinguirlo de compuestos de la misma clase, describiendo sus propiedades físico-químicas, su síntesis/fabricación, sus aplicaciones y su comportamiento desde el punto de vista químico.

#### 2.3.1.1 Identidad de la sustancia química

- Fórmula molecular:  $C_6H_{12}O_2$
- Estructura molecular: 
- Nº CAS: 123-86-4
- Sinónimos: Acetato de butilo, etanoato de butilo, éster de butilo.
- Apariencia: Líquido incoloro.

#### 2.3.1.2 Descripción

Se clasifica como un éster orgánico. Los ésteres orgánicos reciben la fórmula general que se muestra en la imagen 2-2. En ella, R1 y R2 pueden ser grupos iguales o diferentes, dentro de la clase de moléculas alifáticas, aromáticas o heterocíclicas. La síntesis de ésteres ocurre principalmente por la reacción química entre ácidos carboxílicos y alcoholes, definida como una reacción de esterificación (Boyd., 1990).

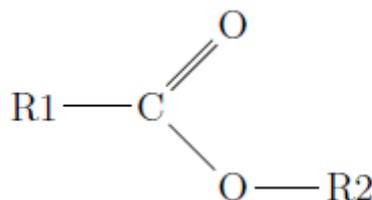


Imagen 2-2: Fórmula general para ésteres orgánicos. Fuente: Elaboración propia.

El acetato de n-butilo es un disolvente incoloro con una volatilidad media y un olor afrutado característico a éster. Posee excelentes características de solvencia para polímeros, resinas, aceites y nitrato de celulosa y es miscible con todos los disolventes orgánicos habituales. Estas características le atribuyen una amplia aplicación en la industria de la pintura y lacas, debido a que las pinturas con alto contenido de sólidos requieren la adición de solventes para reducir su viscosidad y mejorar sus propiedades fluidas (Boyd., 1990).

Sus características de olor son significativamente más favorables que otros disolventes de volatilidad similar.

Su otro uso importante es de adhesivos y recubrimientos. El acetato de n-butilo también se utiliza en la industria farmacéutica como disolvente o agente de extracción. Sus usos menores incluyen productos cosméticos, perfumes, como agente anticorrosivo, en productos de limpieza y cuidado del automóvil. También se utiliza en la industria de la harina de frutas sintéticas.

### 2.3.1.3 Propiedades físicas

Propiedad	Valor
Densidad relativa (agua = 1)	0,88
Masa molar (g/mol)	116,2
Punto de fusión (°C)	-78
Punto de ebullición (°C)	126
Solubilidad en agua (g/100ml) a 20°C	0,7
Presión de vapor (kPa) a 20°C	1,2
Punto de inflamación (°C)	22
Temperatura de autoignición (°C)	420
Límite de explosividad (% en volumen de aire)	1,2 – 7,6

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3.1.4 Propiedades químicas

El acetato de n-butilo es un líquido incoloro o amarillento con un fuerte olor afrutado. Posee un sabor ardiente y luego dulce, similar a la piña. Se presenta en muchas frutas y es un componente de los aromas de manzana. Es incompatible con agentes oxidantes fuertes, ácidos fuertes y bases fuertes. En cuanto a su solubilidad, es soluble en la mayoría de los hidrocarburos y acetona, y es miscible con etanol, éter etílico y cloroformo (Haynes, 2013).

Pertenece a un compuesto inflamable tanto en estado líquido o como vapor. Por encima de 22°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire. Posee baja toxicidad si se ingiere, pero la exposición a temperaturas elevadas puede hacer que el producto comience a descomponerse, liberando gases tóxicos (BookChemical, 2021).

### 2.3.1.5 Isómeros

Los cuatro isómeros del acetato de n-butilo pueden ser producidos mediante una reacción de adición nucleofílica durante destilación lenta de ácido acético y el correspondiente alcohol butílico en presencia de un catalizador ácido, tal como se mencionó con anterioridad para el caso del BuOAc. El acetato de isobutilo también se prepara a partir de metil isobutil cetona, el acetato de sec-butilo a partir de alcohol sec-butílico y anhídrido de ácido acético, y por último

el acetato de terc-butilo se forma lenta e incompletamente a partir de su alcohol y ácido acético, por lo que se produce principalmente a partir de ácido acético e isobutileno.

En cuanto al uso, el acetato de iso-butilo es el único que compite en el mercado con el acetato de n-butilo en la industria de las pinturas; si bien todos los isómeros de este poseen propiedades para ser utilizados como solventes.

El acetato de isobutilo tiene excelentes características de solvencia para polímeros, resinas, aceites, celulosa y se diluye fácilmente con hidrocarburos alifáticos. Se utiliza principalmente en la industria de pinturas y revestimientos para barnices para madera, revestimientos arquitectónicos, tintas de impresión y adhesivos. Puede reemplazar el acetato de n-butilo si un recubrimiento necesita secarse más rápido. También se usa ampliamente en aerosoles, diluyentes, selladores, limpiadores, fragancias, cosméticos y productos de cuidado personal. (EastmanChemical, 2020)

El principal mercado de usuarios finales de este producto son las industrias de pinturas, revestimientos, cosméticos y limpieza.

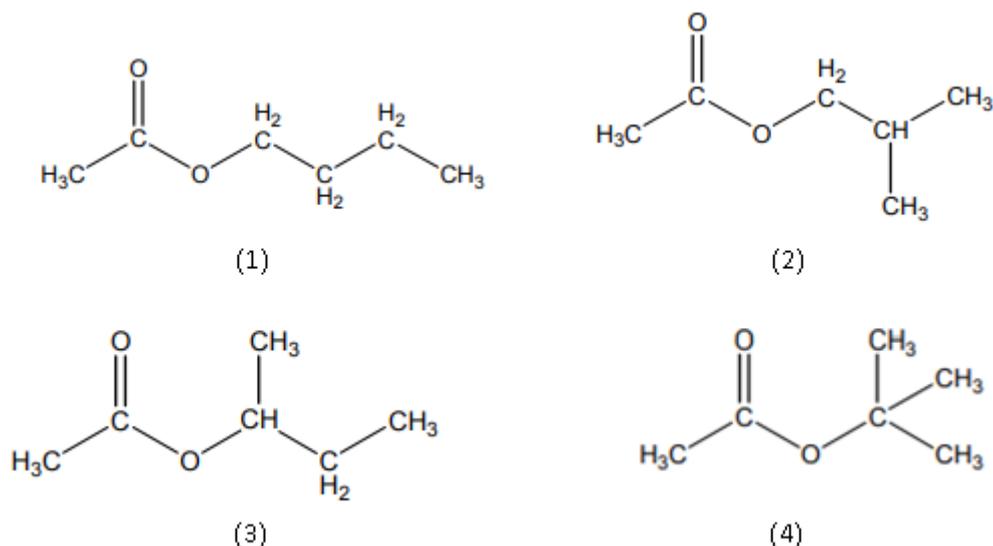


Imagen 2-3: (1) Acetato de n-butilo – (2) Acetato de isobutilo – (3) Acetato de sec-butilo – (4) Acetato de terc-butilo.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS

### 2.4.1 Definición y generalidades

Una pintura líquida, considerada desde un punto de vista fisicoquímico, es un sistema disperso. Está constituida generalmente por sólidos finamente particulados y dispersados en un medio fluido denominado vehículo. Este último está basado en una sustancia filmógena o aglutinante, también llamada formadora de película o ligante dispuesta en un solvente o mezcla solvente al cual se le incorporan aditivos y eventualmente plastificantes. Un barniz es una preparación líquida, más o menos fluida, destinada a ser aplicada en capas delgadas sobre un soporte, y que después de más o menos tiempo de secado al aire ambiente o mediante radiación, forma una película unida y continua que puede ser elástica y resistente, asegurando al soporte unas cualidades de protección y belleza (Fabricarpinturas, 2012).

En el caso de las pinturas y barnices a base de solvente orgánico, el vehículo es una solución líquida (dispersión molecular del material polimérico) que rodea las partículas del pigmento dispersado en la pintura; durante el secado el sistema se hace más viscoso y el ligante fluye alrededor de las partículas durante casi toda esta etapa; se observa una significativa contracción volumétrica de la película. Resulta oportuno mencionar que algunas pinturas líquidas están exentas de solventes ya que el propio material formador de película es líquido (bajo peso molecular).

La formulación de una pintura eficiente requiere conocer las propiedades intrínsecas de los diferentes componentes involucrados y además establecer las reacciones o interacciones que tienen lugar entre los mismos tanto durante la elaboración y almacenamiento del producto como en servicio luego de la aplicación sobre una superficie.

Las pinturas se aplican en capas delgadas sobre un soporte y tienen la propiedad de transformarse en una película sólida, continua y adherente por evaporación de la mezcla solvente, y en algunos casos, además por transformaciones químicas de la sustancia formadora de película (Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra, 2011).

#### 2.4.2 Composición genérica de pinturas y recubrimientos

Los componentes de las pinturas varían en gran manera en función del tipo de acabado que se requiera y de las condiciones de aplicación y secado. Se muestra a continuación los elementos que componen a las mismas.

- Pigmentos.
- Cargas.
- Ligante o resina.
- Disolvente.
- Aditivos.

#### 2.4.3 Función de los componentes

**Pigmentos:** Compuestos orgánicos o inorgánicos cuya misión es proporcionar a la pintura color y poder de cubrición. Los pigmentos son opacos tanto en estado seco como húmedo.

**Cargas:** Son, en general, de naturaleza inorgánica, aportan cuerpo, materia sólida, y dan estructura, viscosidad y reología a la pintura. Las cargas son opacas cuando están secas, pero son translúcidas en estado húmedo.

**Resinas o ligantes:** Productos cuya misión es la de mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez que la pintura está seca. Según el tipo de resina utilizada la pintura tendrá unas características de secado y resistencias determinadas. La terminología en el campo de las pinturas y recubrimientos es variada y por ello no debe extrañarnos encontrar indistintamente los términos resina, ligante, polímero, etc.

**Aditivos:** Son productos que se dosifican en pequeñas cantidades para facilitar el proceso de fabricación de la pintura, aportar características concretas a la pintura seca, crear las condiciones adecuadas para que el secado se produzca de forma correcta y para estabilizar la pintura en el periodo de almacenamiento.

**Disolventes:** Se llama así al agua y otros productos de naturaleza orgánica cuya misión es la de dar a la pintura una viscosidad óptima según el método de aplicación que debe utilizarse. Los disolventes se utilizan además para solubilizar las resinas y regular la velocidad de evaporación. La utilización de disolventes que no disuelven al ligante es frecuente en la formulación de pinturas, en este caso se les nombra como cosolventes.

Este punto se desarrolla con mayor énfasis en el apartado 2.5.

#### 2.4.4 Fabricación

El proceso de fabricación de las pinturas es totalmente físico y se efectúa en cuatro fases perfectamente diferenciadas:

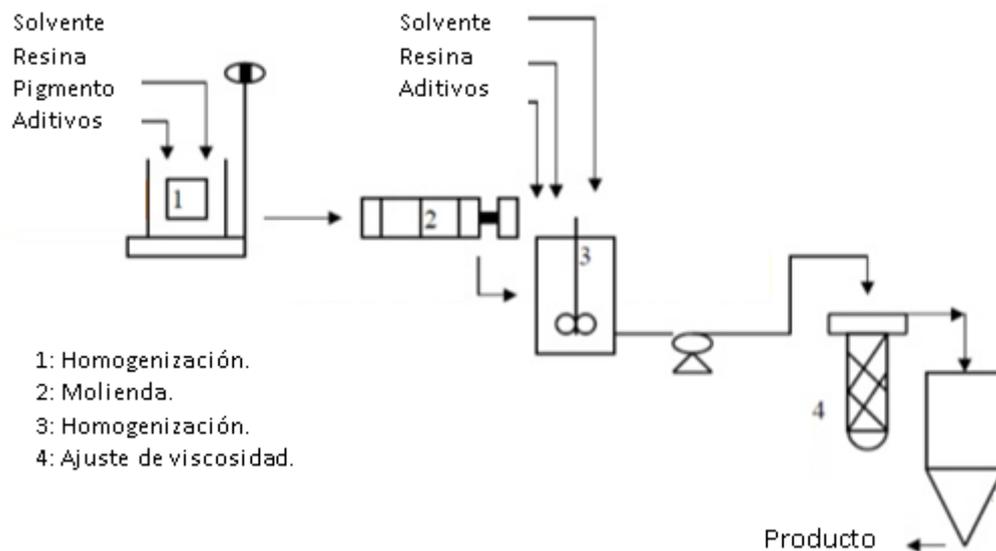


Imagen 2-4: Diagrama de flujo del proceso productivo de pinturas. Fuente: Elaboración propia.

**Homogeneización:** En esta fase se homogeneizan disolventes, resinas y los aditivos que ayuden a dispersar y estabilizar la pintura, posteriormente se añaden en agitación los pigmentos y cargas y se efectúa una dispersión a alta velocidad con el fin de romper los agregados de pigmentos y cargas.

**Molienda:** El producto obtenido en la fase anterior no siempre tiene un tamaño de partícula homogéneo o suficientemente pequeño para obtener las características que se desean. En este caso se procede a una molturación en molinos.

**Homogeneización/Dilución:** La pasta molida se completa, siempre en agitación, con el resto de los componentes de la fórmula. Los productos se deben añadir uno a uno para evitar posibles reacciones entre ellos.

**Ajuste de viscosidad:** Corresponde al último paso en la elaboración de una pintura, consiste en proporcionar a la pintura fabricada un aspecto de fluidez homogénea y que se ajuste a las necesidades de aplicación de la misma.

#### 2.4.5 Clasificación de pinturas y recubrimientos

Como se ha mencionado anteriormente, los diversos tipos de ligantes empleados en el proceso de formulación de una pintura o recubrimiento otorgan al producto final diferentes

características. A continuación, en la tabla 2-4 se brinda una clasificación de los diferentes tipos de pinturas según la resina que se utiliza.

Tabla 2-4: Clasificación de los diferentes tipos de pinturas según la resina que se utiliza				
Tipo de pintura	Origen y formulación	Características de secado	Características puntuales	Usos generalizados
Pinturas al aceite	Aceites refinados de lino, tung, ricino deshidratado, etc.	Curado químico. <sup>1</sup>	La resistencia a la intemperie y medios expuestos como inmersión continua en agua dulce o salada varía según su composición.	No se aconsejan para la protección de medios expuestos a condiciones agresivas.
Oleorresinosas	Barniz obtenido por la combinación de un aceite y una resina adecuada mediante tratamiento térmico.	Curado químico.		
Termoplásticos negros	Residuos de la destilación fraccionada del petróleo (Butimen, asfalto, asfaltita y alquitrán)	Regulado por uso de solvente.	Permiten capas de 200/300µm en productos de bajo espesor o bien de 500/1000µm con los de alta tixotropía	Como agente anticorrosivo, en edificios y en la industria.
Resinas poliésteres	Reacción de condensación entre uno o más poliácidos y uno o más polioles.	Regulado por uso de solvente.	Películas de elevada dureza, adecuado brillo y alta resistencia a reactivos químicos.	Ind. Automotriz, electrodoméstico, metal, mampostería, plásticos, madera y muebles.
Acrilatos curados por radiación	Son acrilatos insaturados y se obtienen a partir del ácido acrílico o sus derivados con resinas reactivas.	Regulado por uso de solvente.	Son muy viscosos y se emplean acrilatos líquidos monoméricos o solventes inertes para ajustar su viscosidad.	Elaboración de barnices para maderas y muebles en general. No empleado en superficies metálicas.
Resinas	Materiales	Curado	Es un material	Empleadas en

<sup>1</sup> El curado químico incluye la adición de agentes secantes, empleo de catalizadores y curados térmicos a bajas y altas temperaturas entre otras opciones.

alquídicas	poliméricos derivados de la reacción entre polioles y poliácidos.	químico.	formador de películas en fondos anticorrosivos.	ambientes urbanos externos, industriales no muy agresivos y marinos.
Resinas acrílicas	Reacción de adición de diferentes monómeros (ésteres del ácido acrílico) con alcoholes diversos.	Regulado por uso de solvente.	Generan películas con elevada resistencia de color, a la intemperie y agentes químicos.	Excelente adhesión a superficies metálicas desnudas y empleada para automotores, pisos y mamposterías
Condensados de formaldehído	Dependiendo con qué reacciona el formaldehído los productos pueden clasificarse en: Fenólicos (F), melamínicos (M) y ureicos (U).	Curado químico.	Generan excelentes pinturas y esmaltes anticorrosivos de aplicación directa sobre el metal.	(F) Pinturas aislantes y selladores. (M) Esmaltes para línea blanca, automóviles, muebles metálicos, etc. (U) Maderas y pisos.
Resinas vinílicas	Pueden ser homopolímeros o bien heteropolímeros.	Regulado por uso de solvente.	Sus películas son muy duras y requieren un plastificante externo. Es muy necesaria para su uso una buena preparación de la superficie.	Se especifican para sustratos expuestos a ácidos inorgánicos, álcalis y en estructuras sumergidas en agua dulce o agua de mar.
Resinas de caucho sintético	Con 2 tipos de cauchos. Clorado y oxidado. Ambos con reacciones que permiten altas resistencias y mayor solubilidad en solventes orgánicos.	Regulado por uso de solvente.	Formulación de películas anticorrosivas, intermedias y de terminación. Pueden exponerse a la luz solar e inmersión continua.	Material adecuado para la impregnación de papeles, cartones, sustratos metálicos, asfálticos y excelente aislante eléctrico.
Resinas epoxídicas	Compuestos sintéticos con diferente grado de polimerización. Esto determina si serán líquidas, semisólidas o	Curado químico.	Forman películas de gran brillo y dureza con excelente adhesión.	Se aplican sobre madera y metal. También en recubrimientos industriales sometidos a grandes requerimientos

	sólidas.			mecánicos.
Resinas poliuretánicas	El término poliuretano abarca a productos con funcionalidad isocianato.	Curado químico.	Excelente resistencia a la intemperie, agentes químicos, hidrólisis alcalina y a la decoloración.	Se emplean en forma de lacas, barnices y esmaltes en maderas. En la construcción, ind. Naval y transporte pesado en general.
Silicatos metálicos y orgánicos	Pueden ser inorgánicos u orgánicos según el medio de dilución.	Regulado por uso de solvente.	Formulan pinturas basadas en zinc metálico. Resisten temperaturas mayores a 500°C manteniendo todas sus propiedades.	Películas de terminación. No apta para superficies con iones sulfatos, nitratos, cloruros, etc. Por la solubilización del zinc.
Resinas de silicona	Poseen una estructura similar a la del cuarzo a la cual se le ha unido un grupo orgánico -R	Regulado por uso de solvente.	Excelente repelencia al agua, adecuada permeabilidad al vapor de agua. Facilitan la limpieza de superficies.	Pintura látex tradicional. Es considerado el sistema más eficiente de recubrimiento para fachadas
Resinas de nitrocelulosa	Reacción de pulpas de celulosa de alta pureza con ácido nítrico y sulfúrico.	Regulado por uso de solvente.	Acabados de fácil aplicación, rápido secado y alto desempeño.	Pinturas automovilísticas, selladores y acabados de madera.

Fuente: (Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra, 2011)

## 2.5 SOLVENTES

El término "solventes" se refiere a una clase de compuestos químicos descritos por función; el término deriva del latín, que significa aproximadamente "aflojar". En química, los disolventes, que generalmente están en forma líquida, se utilizan para disolver, suspender o extraer otros materiales, generalmente sin cambiar químicamente ni los disolventes ni los otros materiales.

El disolvente es la parte volátil de una pintura líquida, es la parte que, una vez obtenido el film seco, desaparece de este permitiendo que la resina y el pigmento produzcan una película de pintura y se sequen rápidamente. Agregar solventes en una formulación de pintura ayuda a optimizar todo el desempeño del sistema. Incluso si casi no hay disolventes presentes en el revestimiento seco final debido a la evaporación, su papel es esencial en la formulación del mismo (Hansen, 2007).

Los disolventes son los responsables de dar a la pintura líquida una consistencia adecuada para la comercialización del producto; deben dar a la pintura la estabilidad necesaria en almacén y deben a su vez proporcionar la reología adecuada para la aplicación. Son responsables de solubilizar el ligante o resina, y deben hacerlo tanto en el envase como durante todo el proceso de evaporación, o sea, durante todo el proceso de secado y formación del film seco.

Cuando se habla de disolventes, se debe distinguir entre los disolventes verdaderos y los cosolventes o diluyentes, como se menciona anteriormente. Los primeros son capaces por sí solos de disolver el ligante o resina, los segundos pueden utilizarse para diluir las soluciones obtenidas con los disolventes verdaderos.

Durante la formulación se debe tener en cuenta que un exceso de cosolvente provoca inestabilidad de la solución y que esto puede suceder tanto en el envase como durante el proceso de evaporación de los disolventes durante el secado. El resultado de un mal equilibrio entre disolvente verdadero y cosolvente es la formación de películas de mala calidad, con arrugas, con falta de brillo y otras deficiencias que deben ser evitadas (Hansen, 2007).

### 2.5.1 Clasificación de los disolventes

Se pueden clasificar en compuestos hidrocarbonados y compuestos oxigenados. Los primeros incluyen tanto a los de tipo alifático como a los aromáticos, mientras que los solventes oxigenados tienen un rango mucho más amplio en el sentido químico ya que abarcan éteres, cetonas, ésteres, éter-alcoholes y alcoholes simples.

A continuación, se detalla la clasificación de solventes en base al tipo de unión por puentes de hidrógeno.

#### 2.5.1.1 Solventes con uniones por puentes de hidrógeno débiles

- **Hidrocarburos Alifáticos:** Principalmente como disolvente para pinturas a base de resinas alquídicas y como diluyente en productos formulados con caucho clorado; pueden contener un bajo porcentaje de hidrocarburos aromáticos (CARBONELL, 2013).

- **Hidrocarburos Aromáticos:** Pueden solubilizar resinas alquídicas, poliésteres saturados, poliácridatos, polímeros de vinilo y muchas resinas menos polares. Son generalmente más caros que los solventes alifáticos, pero tienen un mayor poder disolvente (CARBONELL, 2013).

- **Hidrocarburos Clorados:** Son frecuentemente menos empleados en la industria de la pintura y recubrimientos por razones ecológicas, a pesar de esto, su polaridad los convierte en buenos solventes para muchas resinas (CARBONELL, 2013).

#### 2.5.1.2 Solventes con uniones por puentes de hidrógeno moderadamente fuertes

El grupo funcional característico es el carbonilo (C=O), el que les confiere la propiedad de actuar como aceptores de hidrógeno; generalmente exhiben un excelente poder disolvente.

- **Cetonas:** Son translúcidas y exhiben un fuerte olor característico; aquellas de bajo peso molecular disuelven resinas polares y un conjunto importante de materiales poliméricos menos polares; por otro lado, las de alto peso molecular presentan una mayor característica correspondiente a los hidrocarburos, lo que las convierte en buenos solventes para resinas no polares.

- **Esteres:** Son líquidos neutros y claros. Su elevado poder disolvente disminuye para sustancias polares a medida que la cadena hidrocarbonada crece, pero aumenta paralelamente para resinas menos polares. En general, los ésteres de menor peso molecular son solubles en agua. Son empleados preferentemente en reemplazo de las cetonas ya que presentan un olor frutal característico más agradable, particularmente los acetatos. Entre ellos, el acetato de etilo es el más importante para pinturas de secado rápido como las basadas en nitrato de celulosa y también en la formulación de sistemas poliuretánicos. Otro de los ésteres más empleados, con punto de ebullición más elevado debido a su mayor peso molecular, es el acetato de n-butilo; este exhibe una cinética de vaporización que permite la formación de películas sin grietas, adecuada nivelación, etc. Es altamente empleado en la producción de barnices nitrocelulósicos con alto tenor de nitrógeno (11.8% a 12.2%).

Los ésteres no deben usarse como solventes para resinas que poseen grupos amino primarios o secundarios ya que se corre el riesgo de formación de amidas por aminólisis y en pinturas de base acuosa hay un riesgo adicional de saponificación o aminólisis debido a las aminas usadas como agentes neutralizantes (amoníaco en productos económicos o derivados del amonio en pinturas mejor calidad).

### 2.5.1.3 Solventes con uniones por puentes de hidrógeno fuertes

- **Alcoholes:** Estos se seleccionan como solventes cuando el sistema requiere que reaccionen como dadores y aceptores de hidrógeno en las uniones por puentes de hidrógeno. Su poder disolvente depende de la longitud de la cadena hidrocarbonada no polar y de la posición de los grupos hidroxilo.

Los alcoholes de menor peso molecular como el metanol y el etanol tienen un elevado poder disolvente para los materiales formadores de película con características polares. No disuelven sustancias no polares ni débilmente polares.

En el caso de alcoholes de alto peso molecular, el poder disolvente de resinas polares disminuye a medida que la cadena hidrocarbonada aumenta; sin embargo, se seleccionan principalmente como diluyentes de los correspondientes acetatos.

En la industria de la pintura se usan principalmente los alcoholes relativamente volátiles hasta el butanol.

- **Éteres:** Entre ellos se encuentran los éteres de etilén y propilén glicol. Son buenos solventes para muchas resinas polares debido a sus grupos funcionales característicos; en general, son miscibles con un gran número de solventes tanto polares como no polares.

El grupo hidroxilo los hace también miscibles con agua y por ello son ampliamente usados como cosolventes y agentes coalescentes en pinturas de base acuosa o en sistemas diluibles con agua. Su empleo está ligeramente restringido por su relativamente baja volatilidad.

En base a la clasificación antes expuesta resulta conveniente mencionar que raramente se utiliza solo un disolvente debido a los requerimientos de solvencia y velocidad de evaporación buscados entre las propiedades. Esto hace necesario frecuentemente la formulación de una mezcla solvente; por ejemplo, la mezcla conformada por acetato de n-butilo, xileno y butanol. Esta es frecuentemente seleccionada, en diferentes relaciones según la naturaleza del material formador de película, dado que presentan un adecuado poder disolvente; además, la reducida viscosidad de esta mezcla la convierte en muy adecuada para su empleo como solventes auxiliares en pinturas de alto contenido de sólidos.

### 2.5.2 Características básicas de los disolventes

Los disolventes se caracterizan por unos parámetros que influyen en las características finales del producto que se formula.

Estas características permiten a su vez un control de calidad de los mismos, lo cual es importante, como en cualquier materia prima. A continuación, se hace mención de dichos parámetros:

- Ratio de evaporación.
- Viscosidad.
- Densidad.
- Punto de inflamación.
- Punto de congelación.
- Tensión de vapor.
- Tensión superficial.
- Rango de evaporación.
- Solubilidad.
- Temperatura de autoignición.
- Índice de refracción.
- Resistividad.
- Peso molecular.

En cuanto a los parámetros de control de calidad, estos se pueden reducir a la densidad y al ratio de evaporación, y eventualmente el índice de refracción. Mientras que para la aplicación del producto son de interés el ratio de evaporación y la temperatura de inflamación. Además, no deben dejar de considerarse parámetros como toxicidad, credenciales ecológicas, costo y olor.

En la Tabla 2-5 se indican algunos de los parámetros mencionados para los disolventes más comunes.

Tabla 2-5: Parámetros de los principales disolventes utilizados					
Disolvente	Ratio de evaporación	Densidad a 20 °C	Punto de inflamación 20 °C	Intervalo de destilación	Índice de refracción a 20 °C
Cloruro de metileno	14,5	1,32	No	39-41	1,4242
Acetato de metilo	5,3	0,94	-12,0	55,8-58,2	1,36
Acetato de etilo	4,1	0,901	4,4	75,5-78,0	1,3718
Metiletil cetona	3,8	0,802	-9,0	79,6	1,3788
Alcohol metílico	3,5	0,789	10	64-65	1,3286
Tolueno	1,9	0,871	7,5	111-112	1,4969
Alcohol isopropílico	1,7	0,786	13	80,8-83,8	1,3776
Metil Isobutil cetona	1,6	0,802	15,6	114-117	1,3958
Acetato de isobutilo	1,4	0,7	20,6	112-119	1,3895
<b>Acetato de n-butilo</b>	<b>1</b>	<b>0,883</b>	<b>27,2</b>	<b>122-128</b>	<b>1,3941</b>
Xileno	0,7	0,865	28	135-142	1,4983
Alcohol isobutílico	0,6	0,803	29,5	106-109	1,3955
Alcohol n-butílico	0,5	0,811	36	116-119	1,3993
Ciclohexanona	0,3	0,948	44	155,7	1,4507
Nafta 16/18	0,2	0,872	42	156-176	1,4993
Diacetona alcohol	0,1	0,94	52	145-172	1,4234
Isoforona	0,02	0,922	82	210-218	1,4781

Fuente: (Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra, 2011)

Entre las propiedades antes mencionadas, el ratio de evaporación, se utiliza para determinar la velocidad de evaporación de los disolventes. Para ello se toma un disolvente determinado que se considera que su velocidad es 1, los otros disolventes se comparan con este y se les asigna un valor que equivale al tiempo de evaporación del patrón dividido por el del disolvente en cuestión. Normalmente se utilizan como patrones el acetato de n-butilo o el éter etílico, siendo el primero el más utilizado.

La velocidad de evaporación es técnicamente importante porque afecta la velocidad de deposición de una película a partir de la solución, que a su vez controla la estructura de la película. Si la evaporación es demasiado rápida, la película puede carecer de homogeneidad y la humedad puede depositarse simultáneamente desde el ambiente.

# CAPÍTULO III

## ESTUDIO DE MERCADO



## **CAPÍTULO III: ESTUDIO DE MERCADO**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El pintado de una superficie implica recubrirla con una capa, película o “film” de pintura o barniz, de espesor variable, con el objeto de protegerla contra la acción deteriorante del medioambiente y al mismo tiempo mejorar su aspecto general. Hay en consecuencia, una conjunción de acción protectora y efecto decorativo.

A lo largo del tiempo, la industria de la pintura ha evolucionado de arte a ciencia, para lo cual ha sido necesario estudiar no solo las propiedades intrínsecas de los diversos componentes sino también establecer las reacciones o interacciones que tienen lugar entre los mismos tanto durante la elaboración y estacionamiento del producto como en servicio luego de su aplicación sobre una superficie.

El fenómeno de la corrosión cobra importancia para el campo de recubrimientos dado que en diferentes países ha llegado a representar pérdidas que oscilan entre el 3 y 4% de su PBI. Esto comprende tanto pérdidas directas (rotura de equipos o maquinarias, reposición de piezas o partes, pérdida de productos, consumo extra de energía, etc.) como indirectas (lucro cesante por salida de servicio de instalaciones, etc.).

Por diversos motivos, como el mencionado en el párrafo anterior, el estudio de la tecnología de pinturas y recubrimientos apunta a la búsqueda permanente de soluciones, ya sea en lo referente a formulación de revestimientos cada vez más eficaces como a compatibilizar el empleo de las mismas con el diseño de otros métodos de protección.

En el presente capítulo se realiza un estudio de mercado completo de la producción de acetato de n-butilo en Argentina. El BuOAc producido tiene como principal destino intervenir en la formulación de pinturas y recubrimientos por lo que se considera apropiado analizar el mercado mundial, regional y nacional tanto del solvente de interés como de las pinturas en las que se usa.

Respecto al BuOAc, se evaluará su mercado, el de sus materias primas y la demanda insatisfecha en Argentina.

### **3.2 MERCADO MUNDIAL DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS**

#### **3.2.1 Demanda y contexto internacional**

El mercado global de pinturas y recubrimientos se encuentra segmentado en dos categorías: la de los productos desarrollados en base de agua y de otro tipo de soluciones en base de solvente. El segmento de pinturas y recubrimientos de base acuosa domina el mercado global debido a la presencia limitada o la ausencia total de solventes orgánicos dañinos. El dominio de la demanda de este producto, se debe por las grandes preocupaciones medioambientales. Se trata de pinturas ampliamente utilizadas en sectores como el de la construcción y la industria automotriz.

Debido al incremento de la urbanización, y la creciente preferencia de los consumidores por los edificios residenciales visualmente atractivos, se estima que la demanda de pinturas de este tipo, experimenten un notable aumento en los próximos años. (PPG, 2019)

Todas las pinturas a base de solventes se encuentran en segundo lugar después las pinturas en base acuosa con una diferencia en cantidades no muy significativa. Los datos citados a

continuación se refieren, para todo el capítulo, a la oferta y demanda de pinturas y barnices de polímeros sintéticos o naturales modificados, dispersos o disueltos en medio no acuoso; disoluciones en disolventes orgánicos volátiles con una proporción de solvente mayor al 50% en peso de solución. La misma incluye pinturas y barnices a base de poliésteres y de polímeros acrílicos y vinílicos.

Considerando el período 2008-2019 se recopilaron los datos de importaciones de todo el mundo en una información clasificada en regiones. Europa en conjunto con Asia marcan la diferencia en comparación con el resto del mundo en la demanda.

Tabla 3-1: Demanda mundial de pinturas y barnices a base de solventes (Toneladas/año)

AÑO	ÁFRICA	AMÉRICA DEL NORTE	ASIA	EUROPA	LATAM Y CARIBE	OCEANÍA	TOTAL
2008	65810	217970	491886	1217754	106128	32604	2132152
2009	78748	161074	408877	991033	89525	27150	1756407
2010	97726	201534	476391	1134787	109277	30605	2050320
2011	89190	225469	473375	1210915	117099	30374	2146422
2012	91449	236770	464106	1235038	114287	24496	2166146
2013	112287	242942	496712	1246170	104052	22833	2224996
2014	139905	184642	567192	1301894	115540	26650	2335823
2015	95164	231459	557046	1229936	124700	31688	2269993
2016	161540	241685	579020	1264619	123875	31679	2402418
2017	104738	242507	642236	1289802	134945	29894	2444122
2018	133421	252476	660914	1324662	133395	31323	2536191
2019	160694	170847	681465	1324564	131140	29810	2498520

Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

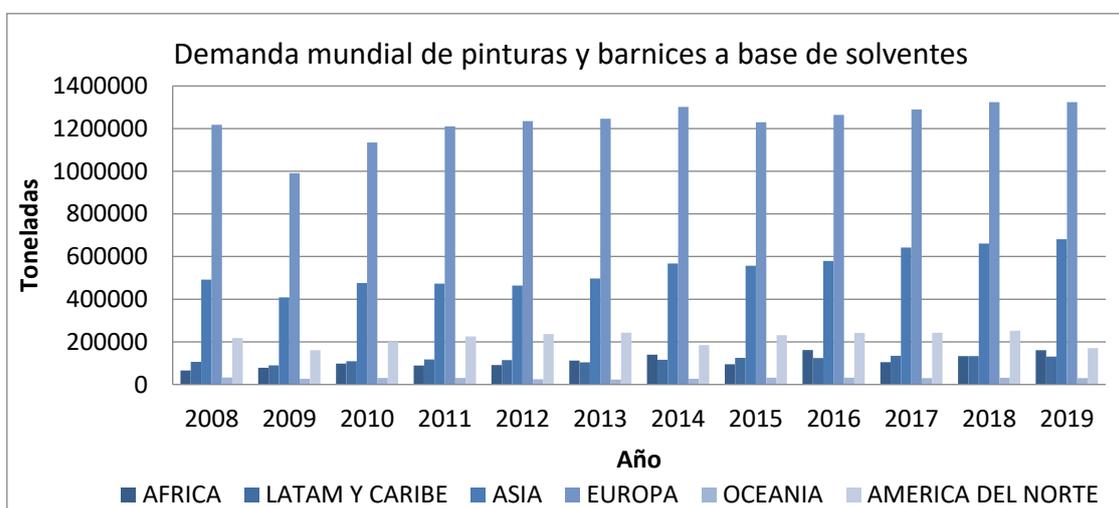


Gráfico 3-1: Demanda mundial de pinturas y barnices a base de solventes. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

En el gráfico 3-1 se grafican los datos recopilados en la tabla 3-1. A simple vista se observa un mercado con pocas variaciones pudiendo anticipar un crecimiento moderado o leve de demanda. En el viejo continente, Alemania es el país con mayor demanda de pinturas y barnices a base de solventes orgánicos volátiles en conjunto con Francia, Reino Unido y Bélgica. Por otro lado, en el sudeste asiático, China es el principal consumidor y le siguen Rusia y Turquía que se perfilan como los 3 países que más demandan este producto en Asia.

Con importaciones que rondan entre una y un millón de toneladas y media anuales en Europa y cuatrocientas y seiscientos ochenta mil toneladas en Asia se puede hacer una progresión para determinar la tasa de crecimiento de demanda y considerarla para los próximos años. No obstante, se considera el total de importaciones en todas las regiones, aunque con menos relevancia.

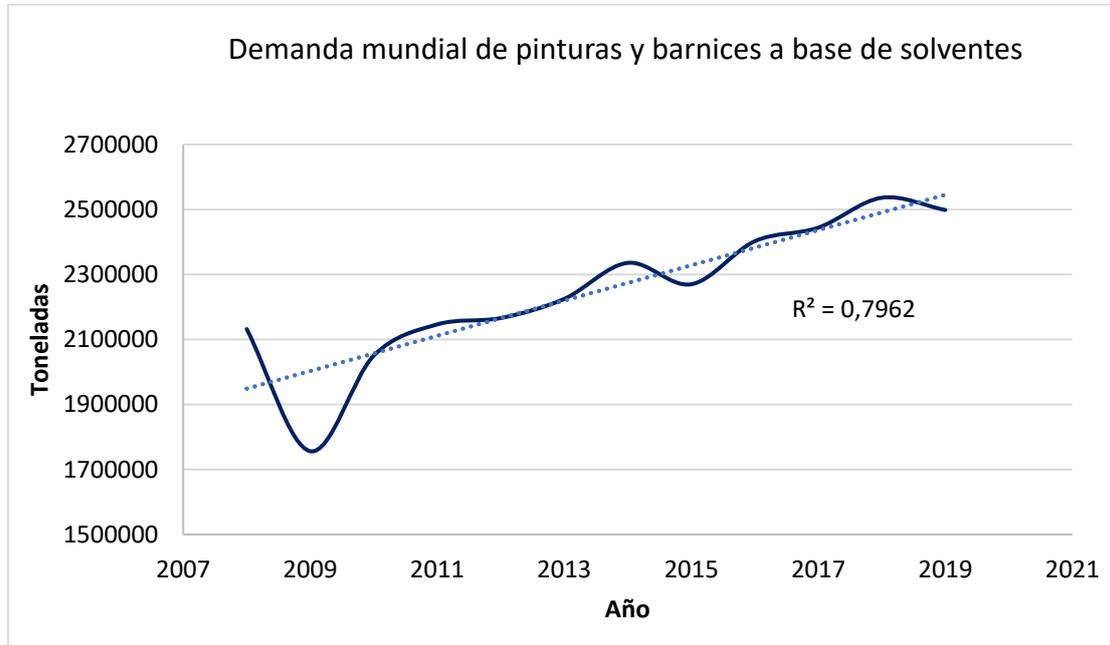


Gráfico 3-2: Proyección de demanda mundial total. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

Sumando el total de importaciones, es posible observar, en el año 2009 un descenso más pronunciado respecto al resto de los años. Se asume que la baja de consumo se debe a la crisis mundial de 2008 marcada por la caída de Lehman Brother en USA. A esto, se suma la consideración de la no existencia de datos para el año 2020, el cual se espera una caída de la demanda por la recesión económica influenciada por los estrictos confinamientos y caída industrial provocada por la aparición del virus SARS CoV-2, COVID-19 cuya propagación fue declarada como pandemia el 11 de marzo de 2020 por la Organización Mundial de la Salud.

Dada la crisis económica del 2008, como un hecho particular de baja influencia para el resto del periodo abocado, que provoca una caída de consumo solo en el año 2009, se corrige dicho valor fijándose como el promedio del consumo mundial total entre 2008 y 2010.

Tabla 3-2: Demanda corregida

AÑO	TOTAL CORREGIDO
2008	2132152
2009	<b>2091236</b>
2010	2050320
2011	2146422
2012	2166146
2013	2224996
2014	2335823
2015	2269993
2016	2402418
2017	2444122
2018	2536191
2019	2498520

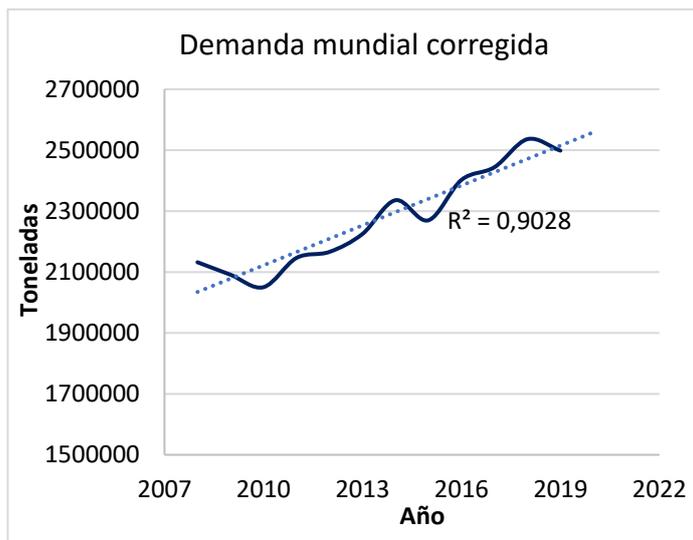


Gráfico 3-3: Demanda total corregida. Elaboración propia.

Los nuevos datos corregidos se ajustan con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.90$ . En base a este se determinan las cantidades en toneladas anuales que se consumirán en los próximos años pudiendo anticipar que para el año 2030, existirá en el mundo una demanda de 3 millones de toneladas anuales.

### 3.2.2 Principales actores del mercado y oferta mundial

El futuro del mercado internacional de recubrimientos y pinturas, quedan en manos de no más de 10 empresas en todo el mundo. Estados Unidos pretende dominar el mercado mundial los próximos años. Es el país que más exporta este producto, en conjunto con Alemania, Japón e Italia concentran la mayor oferta en los últimos tiempos.

Las empresas norteamericanas como PPG, Sherwin-Williams, RPM Internacional y 3M a la par de las compañías alemanas Henkell y BASF en conjunto con la Neerlandesa AkzoNobel<sup>2</sup>, la danesa Hempel y las japonesas Kansai Paint y Nippon Paint pretenden dominar ese mercado. Según un informe de la entidad que se dedica a la investigación TechSci Research en uno de sus documentos publicados, en el año 2022 PPG sería el líder total y único en este mercado posicionando a los Estados Unidos nuevamente como el mayor país exportador.

### 3.2.3 Situación regional

Aunque con diferencias elocuentes en volúmenes de consumo respecto a Europa y Asia, en América Latina y el caribe se puede establecer una relación de proporción en cuanto al crecimiento de la demanda. Con fluctuaciones de consumo que oscilan entre las 90 mil y 135 mil toneladas anuales según tabla 3-1. Las gráficas 3-4 y 3-5 muestran estas variaciones.

<sup>2</sup>AkzoNobel es la productora de pinturas Alba. La más consumida en nuestro país.

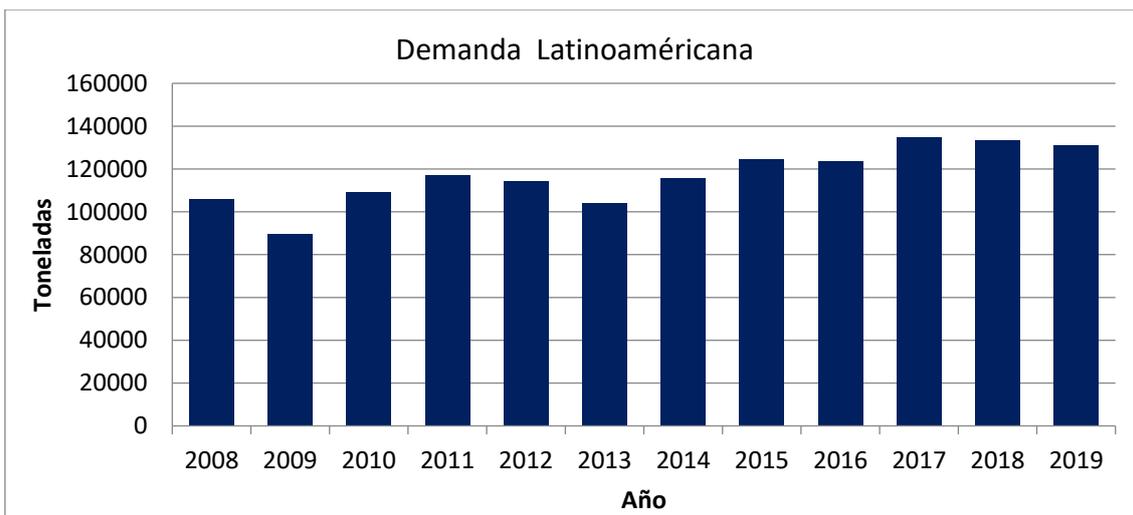


Gráfico 3-4: Demanda de pinturas y barnices a base de solventes en Latinoamérica. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

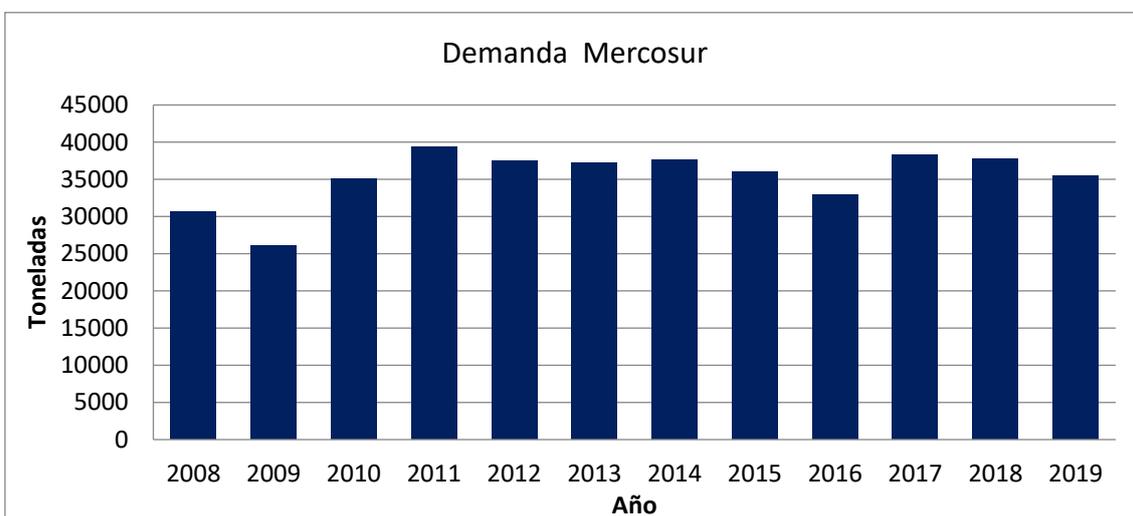


Gráfico 3-5: Demanda de pinturas y barnices a base de solventes en el Mercosur. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

Por razones de población y económicas, Brasil y Argentina son los principales consumidores de pinturas y recubrimientos a base de solventes orgánicos volátiles en comparación a Paraguay, Uruguay y Venezuela dentro de los países integrantes del Mercado Común del Sur (Mercosur). Analizar la oferta y demanda regional tanto de recubrimientos como el disolvente que se trata en este trabajo, tiene por principal objetivo evaluar la posibilidad de satisfacer demandas insatisfechas de solvente a los países vecinos considerando la oportunidad de exportar.

### 3.2.4 Mercado nacional

El mercado de pinturas y recubrimientos en Argentina tiene una avocación al mercado interno, nuestro país consume lo que produce. Los valores de exportación son insignificantes e inclusive se mantienen en equilibrio con el número en importaciones. La industria local sufrió una caída en los años 2014, 2015 y 2016 y pudo crecer los años posteriores, aunque de forma moderada. La cámara de industria de la pintura sostiene que la actividad avanza conforme lo

haga el sector de la construcción y reafirma que el crecimiento del último tiempo considerado, está estrictamente vinculado a la redecoración y ampliación de viviendas.

A lo largo de la última década, las empresas productoras de pinturas y recubrimientos se han encontrado con la dificultad de participar en un mercado muy competitivo con rentabilidades acotadas y un gran obstáculo que es el fuerte aumento de precio de las materias primas como por ejemplo el dióxido de titanio.

De la misma forma la entidad deduce un aumento en la demanda futura y afirma que independientemente de que cada empresa nacional tiene una realidad muy diferente al resto respecto a su rentabilidad y capacidad de inversión, se están haciendo importantes inversiones en robótica, equipamiento y desarrollo. Se están implementando tecnologías para la obtención de pinturas con precios competitivos y sustentables y se está trabajando bajo buenos estándares de calidad. (CAPIN - Cámara Argentina de Pinturerías, 2018)

En la tabla 3-3 se detallan las cantidades expresadas en kilogramos de pinturas y barnices exportadas e importadas durante la última década.

Año	Pinturas		Barnices	
	Importaciones	Exportaciones	Importaciones	Exportaciones
2020	2924217,64	801602,57	355006,4	185005,74
2019	2721812,4	958661,3	192189,53	209506,7
2018	4001358,68	1032055,7	183558,86	188245,4
2017	3262271	1067205,98	232450,85	232450,85
2016	3019791	938426,52	126582	234000,2
2015	2738744	731670,72	338477	211184,72
2014	2724644	667149,1	361581,38	361581,38
2013	3364663	932543	586122	701186
2012	3951445	859803	808671	604570
2011	3975286	898624,11	577481	766420,08
2010	2995926	934616,67	633036	702568,63

Fuente: (INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020)

Los valores mostrados en la tabla 3-3 son las cantidades expresadas en kilogramos. Estos, se ven reflejados en las gráficas 3-6 y 3-7. Se puede observar en estas el comportamiento de la demanda de barnices y pinturas en Argentina.



Gráfico 3-6: Importaciones y exportaciones argentinas de pinturas. Elaboración propia. Fuente: INDEC.



Gráfico 3-7: Importaciones y exportaciones argentinas de barnices. Elaboración propia. Fuente: INDEC.

Se muestran a continuación los principales países desde donde provienen las importaciones y los principales países de destino de las exportaciones argentinas. Puede verse que estados miembros y estados asociados del Mercosur definen el mercado en nuestra región.

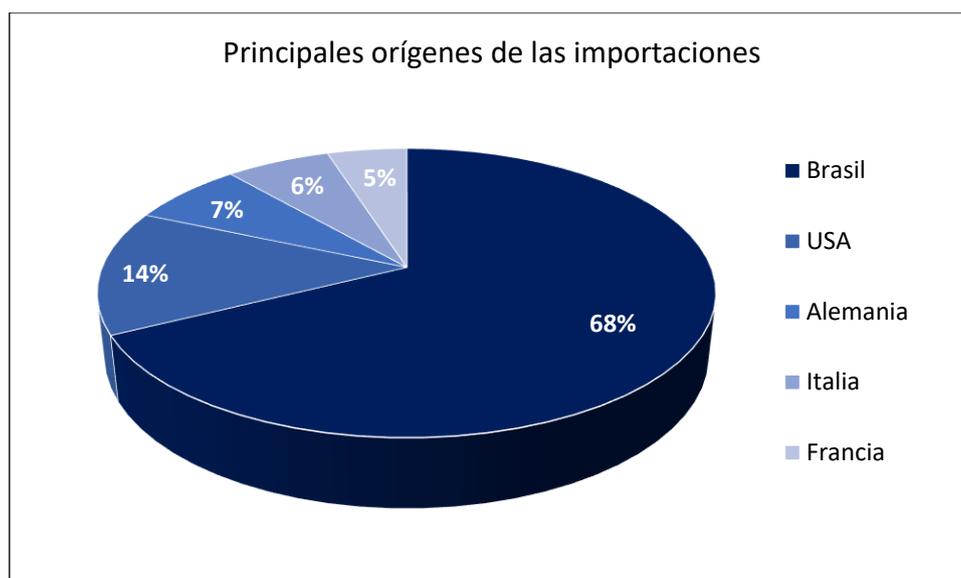


Gráfico 3-8: Principales orígenes de las importaciones de pinturas y barnices argentinas. Fuente: (INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020)

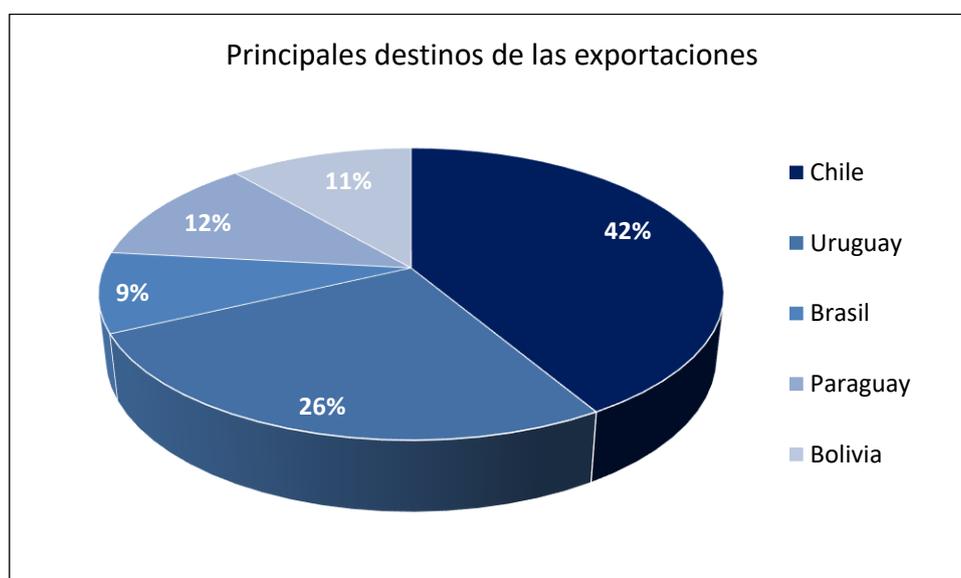


Gráfico 3-9: Principales destinos de las exportaciones de pinturas y barnices argentinas. Fuente: (INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020)

### 3.3 PRODUCTO - ACETATO DE N-BUTILO

#### 3.3.1 Comercio exterior de Acetato de n-Butilo

A nivel global USA, Europa y Asia Pacífico dominan el mercado con una oferta concentrada en el país norteamericano y una demanda repartida principalmente entre los países de la costa del pacífico en Asia y Europa. En los últimos meses, el mercado ha tenido comportamientos atípicos debido a la pandemia mundial dónde se vio afectado por causas varias como transporte, faltante de materias primas, etc.

Según I.C.I.S. (Independent Commodity Intelligence Services) los mercados de acetato de n-butilo de Asia Pacífico experimentaron una contracción en la oferta durante la segunda mitad del cuarto trimestre de 2020. La escasez de n-butanol como materia prima combinada con los productores regionales que se aferran a inventarios del éster bajos reforzaron la confianza del

mercado. Los productores regionales plantearon ofertas mientras recorrían el mercado en busca de materia prima, al mismo tiempo que las plantas de éster butílico funcionaban por debajo de su capacidad máxima.

La crisis de la oferta empujó los precios del acetato a máximos de varios años. La demanda del solvente de Asia Pacífico se mostró optimista debido a una actividad de compra más sólida en la segunda mitad del cuarto trimestre de 2020. Se observó una recuperación general de la demanda a medida que las restricciones por coronavirus disminuyeron en la región, en un contexto de escasa disponibilidad de oferta, lo que llevó a una mayor actividad de compra.

En Europa la oferta fue escasa durante octubre y noviembre, y se redujo aún más en diciembre. La disponibilidad limitada de materia prima había afectado a los productores del solvente desde finales de octubre con un breve cambio planificado en noviembre que limita aún más el suministro de acetato de n-butilo.

La demanda fue saludable durante gran parte del cuarto trimestre. La demanda del sector automotriz se recuperó durante el trimestre, en comparación con el consumo débil impulsado por la pandemia de coronavirus observado en el segundo y tercer trimestre. El consumo de solvente se mantuvo bueno durante la mayor parte de diciembre.

En los Estados Unidos la oferta del producto en el cuarto trimestre se mantuvo estable y en gran medida equilibrada con la demanda, aunque los volúmenes aumentaron en la última parte del trimestre. Las limitaciones de transporte, incluida la escasez de conductores de camiones y la congestión de los puertos y las vías férreas, estaban alargando los plazos de entrega nacionales.

La demanda de revestimientos arquitectónicos y tintas para envases siguió ganando impulso durante el cuarto trimestre, contrariamente a los patrones típicos de fin de año. Parte de ese interés de compra se atribuyó a la demanda reprimida derivada de los bloqueos del coronavirus a principios de 2020 y cierta reposición para principios de 2021 en medio de cierto optimismo económico centrado en la implementación de las vacunas contra el coronavirus. Con la escalada del coronavirus en el cuarto trimestre, el sector de la pintura, también se mantuvo fuerte.

Independientemente de los desperfectos del 2020 en el mercado internacional, las diferentes consultoras sostienen un buen escenario para este mercado donde las diferentes proyecciones de demanda parecen incrementarse para los próximos años. En la tabla 3-4 se detalla el comportamiento de la comercialización en el mundo del solvente. Se proyecta que el mercado del acetato de n-butilo crecerá a una tasa del 5,4% en términos de valor, a partir de 2019 hasta alcanzar los 8,60 mil millones de dólares en 2027.

Asia Pacífico tuvo la cuota de mercado más alta de alrededor del 31,9% en 2018 en el mercado, seguida de la región europea, con el 28,6% de la cuota de mercado. El mercado norteamericano está siendo impulsado por la creciente demanda de solventes biodegradables en barnices y productos químicos para el cuidado del automóvil. Debido a su considerable demanda de acetato de butilo en las verticales de uso final arquitectónico y el extenso crecimiento y penetración de mercado en las industrias de bienes de consumo y embalaje, está creciendo con la tasa de crecimiento anual más rápida del 7,5% durante todo el período de pronóstico. China, India e Indonesia son algunos de los contribuyentes más valiosos de la región de Asia Pacífico. (I.C.I.S - Independent Commodity Intelligence Services, 2020)

Año	Importaciones	Exportaciones	Saldo comercial
2010	564995	555726	9269
2011	579366	553195	26171
2012	556164	483401	72763
2013	628521	514353	114168
2014	623090	507134	115956
2015	504350	413174	91176
2016	446091	366654	79437
2017	542130	478919	63211
2018	590757	535524	55233
2019	502192	451459	50733

Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

### 3.3.2 Mercado argentino de Acetato de n-Butilo

#### 3.3.2.1 Demanda nacional

En los últimos 6 años, Argentina no ha producido acetato de n-butilo y todo lo ingresado es consumido en nuestro país. 2013 fue el último año del que se tenga un dato de producción nacional según el Instituto de Petroquímica y Química Argentino. Los valores de importaciones locales presentan un comportamiento oscilante que podría complicar una proyección clara de la demanda futura. De igual manera, se registra un último valor de exportación nacional en el 2014.

En el año 2017 ATANOR S.C.A cerró su planta localizada en Baradero, provincia de Buenos Aires. La planta tenía una capacidad instalada de 6000 toneladas anuales y era la única productora de acetato de n-butilo y ácido acético en nuestro país.

Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	CA
2001	1705	538	606	1637
2002	1000	544	912	632
2003	2690	712	1241	2161
2004	3200	986	1251	2935
2005	3100	989	1055	3034
2006	3800	1187	1048	3939
2007	4410	1006	1762	3654
2008	4058	1252	1790	3520
2009	2876	928	856	2948
2010	2873	1990	666	4197
2011	1491	2650	256	3885
2012	537	3639	75	4101
2013	66	3796	20	3842
2014	-	2817	19	2798
2015	-	4310	-	4310

2016	-	4520	-	4520
2017	-	4590	-	4590
2018	-	4819	-	4819
2019	-	2052	-	2052
2020	-	2843	-	2843

Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018)

Argentina consume lo que importa desde 2015 y esta premisa es la que se toma para determinar la demanda insatisfecha, además este comportamiento nos indica que el producto es necesario en la producción local, es decir, que el hecho de que la única planta productora en el país cerrara sus puertas, no se debió a un descenso abrupto en el consumo. Esto se considera en un principio, como una fortaleza. Para eso, es conveniente evaluar los mercados de sus materias primas, más adelante. (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018)

Sobre un total de todas las importaciones de los últimos años, los datos de comEX Indec, que son coincidentes con los de Trademap, marcan que el principal proveedor del disolvente a nuestro país es Estados Unidos, con casi tres cuartos del total y en un segundo lugar con una gran diferencia China.

### 3.3.2.2 Estimación y proyección de la demanda insatisfecha

Es altamente notable la caída de la demanda en años como 2014 y 2019. Estos descensos pueden ser validados en primer lugar, debido a la inestabilidad y crisis económicas en nuestro país. Diferentes corridas cambiarias, como la de abril de 2018 donde el precio del tipo de cambio se incrementó un 125% pudo haber sido la responsable de la baja de consumo de solventes en el año 2019, mientras que se atribuye a la baja de consumo de BuOAc en el año 2014 a la caída industrial de pinturas y barnices que puede verse en los gráficos 3-6 y 3-7. Según el instituto de petroquímica argentino casi la totalidad del acetato de n-butilo es destinado a producción de pinturas y recubrimientos mientras que el resto es implementado en industrias químicas, elaboración de tintas y usos varios. Para el análisis, no son considerados los años 2019 y 2020 por motivos mencionados anteriormente además de la influencia del escenario pandémico en 2020.

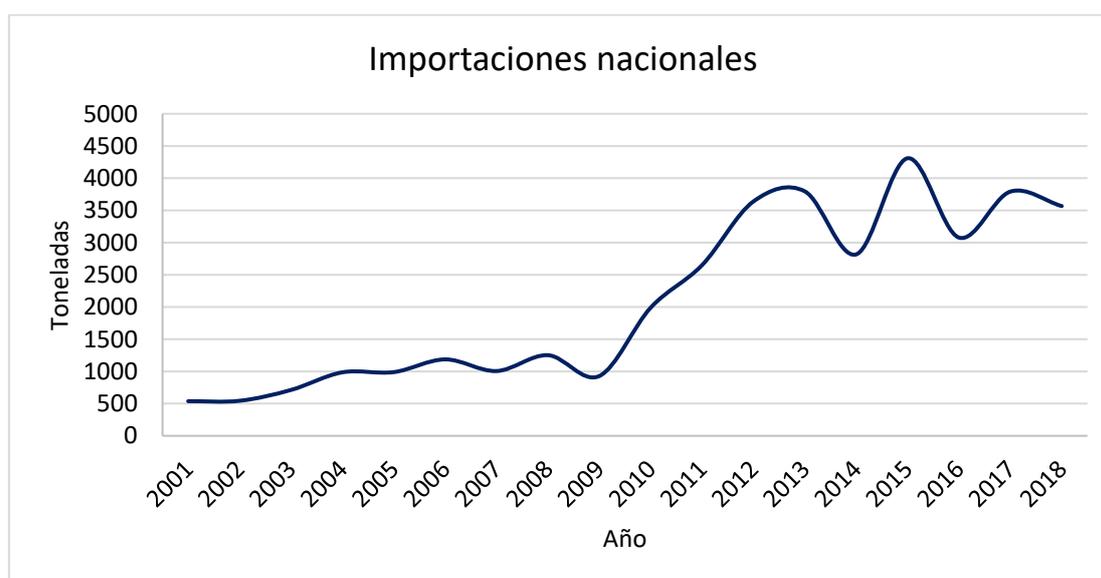


Gráfico 3-10: Importaciones nacionales de acetato de n-butilo. Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018)

A simple vista los puntos no presentan una correlación satisfactoria y en consecuencia no resulta óptimo para una proyección de demanda. De todas formas, las importaciones puras no definen la demanda insatisfecha nacional pero la observación del comportamiento de las importaciones en nuestro país dejaría claro, en una primera instancia, la posibilidad de cubrir un alto porcentaje de la demanda insatisfecha local por la falta de producción argentina los últimos años.

Si se observa la tabla 3-5 y gráfico 3-10, el último período de tiempo apuntado, ofrece información de un mercado segmentado. Un mercado local dividido en dos. La producción argentina de acetato de n-butilo marca un antes y un después cuando dejó de producirse en el año 2013.

La aclaración mencionada en el párrafo anterior nos permite calcular la demanda insatisfecha y proyectarla en base al consumo aparente durante el primer periodo de tiempo considerado, mientras que para el resto del periodo ese consumo debería quedar determinado por la diferencia entre importaciones y exportaciones. Éstas últimas son nulas, por lo que el valor de importación determina el consumo. Considerando que el cálculo y estimación de la demanda insatisfecha queda determinada por:

$$\text{Consumo aparente} = (\text{Producción} + \text{Importaciones}) - \text{Exportaciones}$$



Gráfico 3-11: Evolución del consumo aparente nacional. Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018)

Es posible, mediante una corrección de los puntos que presentan grandes caídas en el consumo por razones circunstanciales, obtener un ajuste considerable a modo de hacer una proyección del consumo argentino de este solvente para los próximos años. Cabe destacar que los números expuestos hasta el momento representan el 100 por ciento del consumo nacional. Si bien el propósito es poder cubrir la demanda insatisfecha total de Argentina, el producto llega a nuestro país de manos de Estados Unidos y China principalmente, razón por la cual se decide omitir la cobertura total de dicha demanda y se opta por poder cubrir un 70 por ciento del total por cuestiones de competencia dentro del mercado.

Es por este motivo, que los ajustes del consumo nacional aparente, para poder estimar y proyectar la demanda, es realizada en base a ese 70 por ciento. En la tabla 3-6 se observan estos valores y las correcciones realizadas.

AÑO	Corrección
2001	1145,9
2002	<b>1329,3</b>
2003	1512,7
2004	2054,5
2005	2123,8
2006	<b>2340,8</b>
2007	2557,8
2008	2464
2009	<b>2700,6</b>
2010	2937,9
2011	2719,5
2012	2870,7
2013	2689,4
2014	<b>2853,2</b>
2015	3017
2016	3164
2017	3213
2018	3373,3

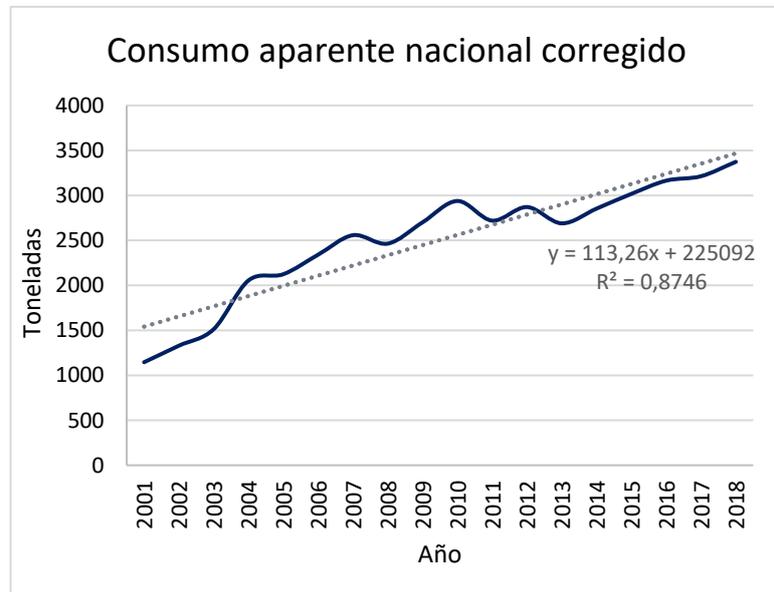


Gráfico 3-12: Consumo aparente nacional. Fuente: Elaboración propia.

Con un grado de correlación lineal no óptimo de  $R^2 = 0.8746$ , los datos se ajustan a la ecuación  $y = 113.26 * x - 225092$  obteniendo la siguiente proyección:

Año	Consumo
2021	3806,46
2022	3919,72
2023	4032,98
2024	4146,24
2025	4259,5
2026	4372,76
2027	4486,02
2028	4599,28
2029	4712,54
2030	4825,8
2031	4939,06

Fuente: Elaboración propia.

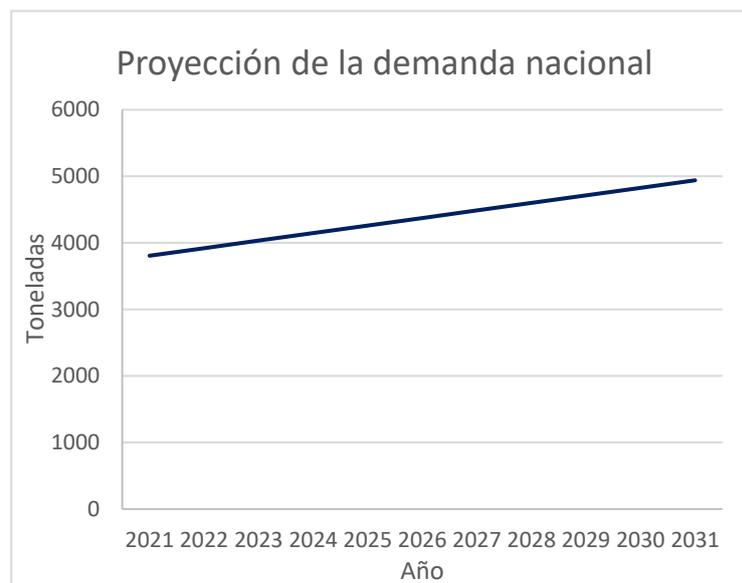


Gráfico 3-13: Proyección de la demanda nacional. Fuente: Elaboración propia.

La proyección realizada, además del consumo, muestra una capacidad de producción para el 2031 de 4939 toneladas anuales, equivalentes a casi 14 toneladas diarias para poder suplantar el 70% de las importaciones del producto a nuestro país.

Se hizo, con anterioridad, la observación de un ajuste de correlación lineal no óptimo, además los valores arrojados por la proyección no son lo suficientemente altos para asegurar la rentabilidad de la empresa. Es por ello que, a modo de incrementar la veracidad del ajuste y la capacidad de la planta, se analizarán los mercados de países que demandan acetato de n-butilo para poder cubrir una demanda general mayor.

### **3.3.3 Mercado regional de Acetato de n-Butilo**

La mayor proporción de acetato de n-butilo en América Latina proviene de Estados Unidos. Según datos de Trademap, las 3 principales economías latinas como México, Brasil y Argentina figuran entre los principales compradores junto con Perú. El país vecino Brasil, además de ser el principal socio comercial de la República Argentina, forma parte del Mercosur junto con nuestro país. Dentro de las regulaciones legales del comercio entre los 4 miembros principales del Mercado Común del Sur, la comercialización de un producto es más fácil y que Argentina pueda incrementar su capacidad de producción a costa de poder cubrir demandas insatisfechas de alguno de estos países, permite evaluar la posibilidad de exportar a fin de incrementar la producción y minimizar los riesgos de encontrarse con un proyecto no rentable. Brasil, es el gran candidato.

Por otra parte, el resto de los países del Mercosur, no demandan cantidades lo suficientemente grandes como para garantizar otros destinos de nuestra producción. La demanda de solvente por parte de Paraguay y Uruguay varió desde 30 a 260 toneladas anuales en la última década. Los principales socios del bloque comercial, demandaron el solvente en mayor proporción. Por su lado, Chile demanda entre 500 y 1500 toneladas anuales mientras que en Venezuela su consumo cayó de forma abrupta los últimos 3 años.

Fuera del Mercosur, en América Latina, el gran comprador es México. Su demanda crece de manera constante y se registra un total de 20900 toneladas para el 2019. México necesitará alrededor de 400000 toneladas anuales para cubrir su demanda anual en la próxima década según estimaciones rápidas con datos de Trademap.

No obstante, casi el 97% de las exportaciones mexicanas en 2020 provienen de los Estados Unidos. Argentina no podría competir con los costos de transporte siendo USA, un país vecino. Por su parte el país norteamericano exporta el 60,43% del acetato total ingresado a Brasil y en menor proporción, con un 21.6% del total, China. De esta forma, Argentina puede desembarcar acetato de n-butilo en puertos brasileros dado que frente a USA y China tiene la ventaja de ser, además de ser uno de los principales socios comerciales, socio del Mercosur.

Este proceso de integración comercial que forman Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay les permite a los estados miembros y estados asociados la libre circulación de bienes y servicios entre los estados además del establecimiento de un arancel externo común.

Para la República Argentina, la República Federativa del Brasil es considerada el principal socio comercial y mantienen una relación de comercio histórica.

Brasil es uno de los países más grandes del mundo asumiendo población y tamaño. Esto hace que exista una desproporción entre ambos mercados donde el mercado de acetato de n-butilo es en volúmenes de consumo mucho más grande. Se propone cubrir un 35% de la

demanda del Brasil en una primera instancia, asumiendo los beneficios del Mercosur y dando por cierto un menor costo de venta del producto comparado con China y Brasil para poder competir.

La tabla 3-8 que refleja los datos analizados del consumo y demanda de Argentina, tiene anexado el consumo de Brasil y la suma del total respetando los porcentajes arbitrarios que fueron elegidos para cobertura de demanda. 70% de Argentina y 35% de Brasil.

Tabla 3-8: Estimación de la demanda conjunta del 70% de Argentina y el 35% de Brasil

AÑO	ARGENTINA		BRASIL		TOTAL	
	Consumo	Corrección	Consumo	Corrección	Consumo	Corrección
2001	1637	1637	3353	3353	2319,45	2319,45
2002	632	<b>1899</b>	5543	5543	3269,35	3269,35
2003	2161	2161	6907	6907	3930,15	3930,15
2004	2935	2935	8283	8283	4953,55	4953,55
2005	3034	3034	6570	<b>7980,5</b>	4916,975	<b>5199,07</b>
2006	3939	3939	7678	7678	5444,6	5444,6
2007	3654	3654	8678	8678	5595,1	5595,1
2008	3520	3520	9309	9309	5722,15	5722,15
2009	2948	<b>3858</b>	9169	9169	5909,75	5909,75
2010	4197	4197	8479	8479	5905,55	5905,55
2011	3885	3885	7167	<b>8569</b>	5718,65	5718,65
2012	4101	4101	8659	8659	5901,35	5901,35
2013	3842	3842	7229	<b>8920,5</b>	5811,575	<b>5984,12</b>
2014	2798	<b>4076</b>	9182	9182	6066,9	6066,9
2015	4310	4310	9248	9248	6253,8	6253,8
2016	4520	4520	9784	9784	6588,4	6588,4
2017	4590	4590	9578	9578	6565,3	6565,3
2018	4819	4819	9761	9761	6789,65	6789,65

*Elaboración propia. Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018) y (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)*

Los valores resaltados corresponden a las correcciones realizadas que resultan del promedio de los valores anteriores y posteriores. Todos los valores son expresados en toneladas anuales.

A modo de ver el comportamiento del mercado en el país limítrofe, se muestra a continuación, las gráficas 3-15 y 3-16 del consumo y consumo corregido del Brasil contemplando el mercado completo, es decir, el total de solvente consumido.

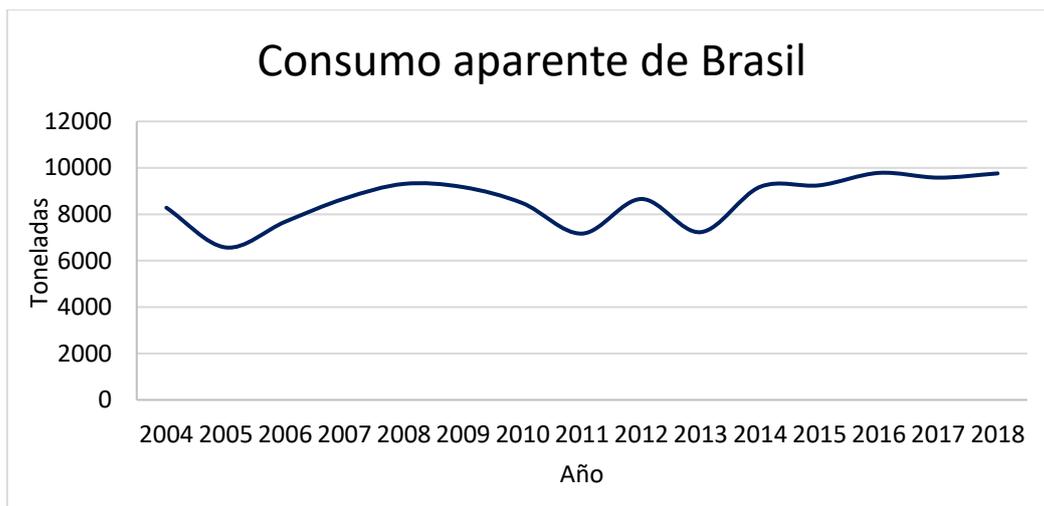


Gráfico 3-14: Consumo aparente de Brasil. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

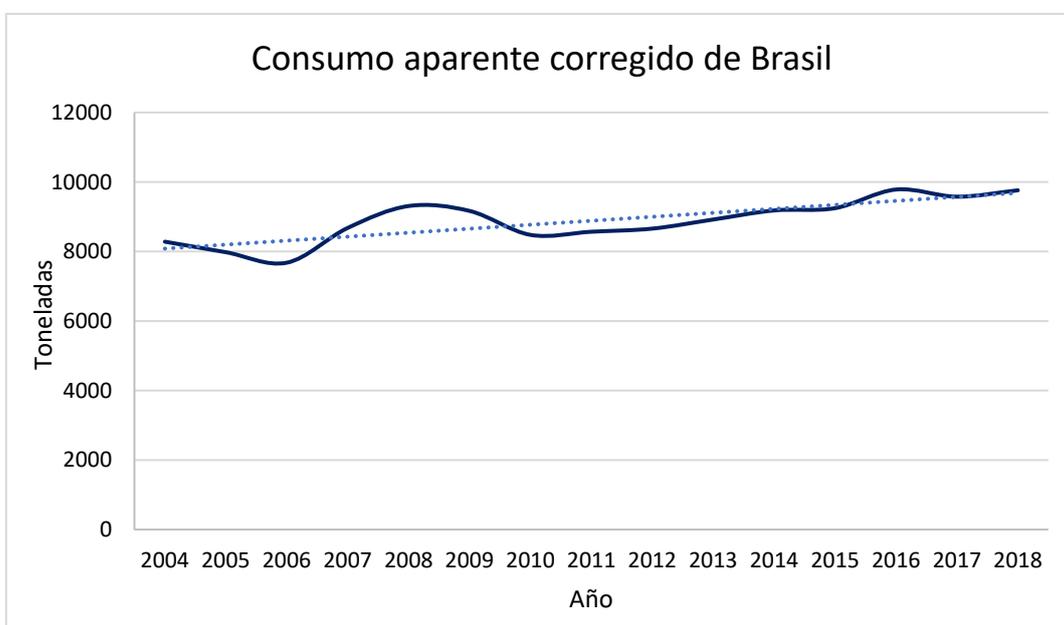


Gráfico 3-15: Consumo aparente corregido de Brasil. Elaboración propia.

Es evidente que, de instalar una planta sobre territorio brasilero, para cubrir toda esa demanda estamos hablando de una capacidad instalada proyectada a diez años de 11500 toneladas por año según estimaciones rápidas mientras que la capacidad proyectada en Argentina es el 43% de la de Brasil. Esto refleja la desproporción de los mercados y el volumen mucho más grande del mercado brasilero.

Según la premisa propuesta, de poder satisfacer el 35% de la demanda brasilera y respetando los datos recopilados de la tabla 3-8, se grafica la demanda conjunta de la siguiente manera:

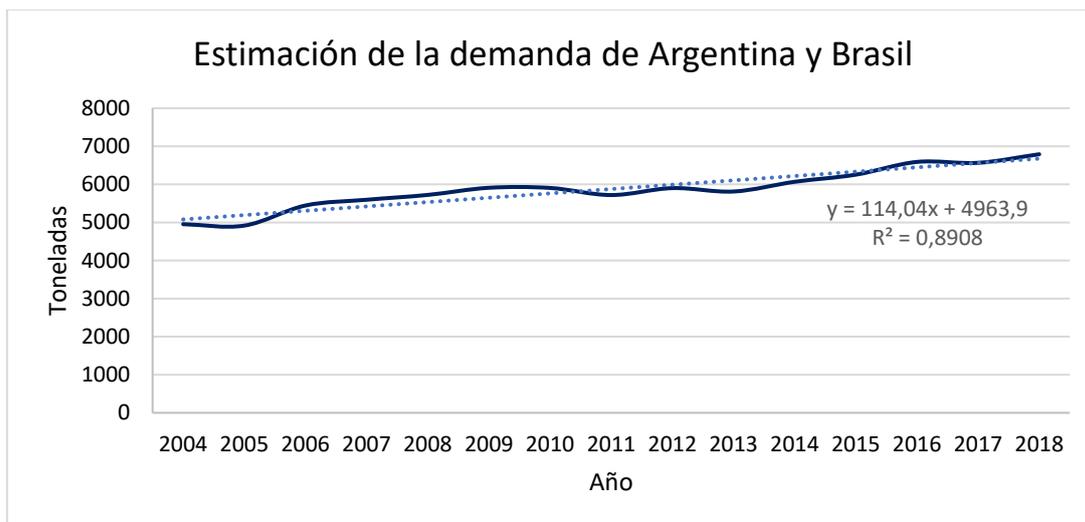


Gráfico 3-16: Demanda argentina y brasilera total. Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018) y (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

A los fines de obtener una capacidad de producción determinada que pueda cumplir con la demanda conjunta de ambos países, se realizaron correcciones finales sobre la estimación de dicha demanda que puede visualizarse en el gráfico 3-17.

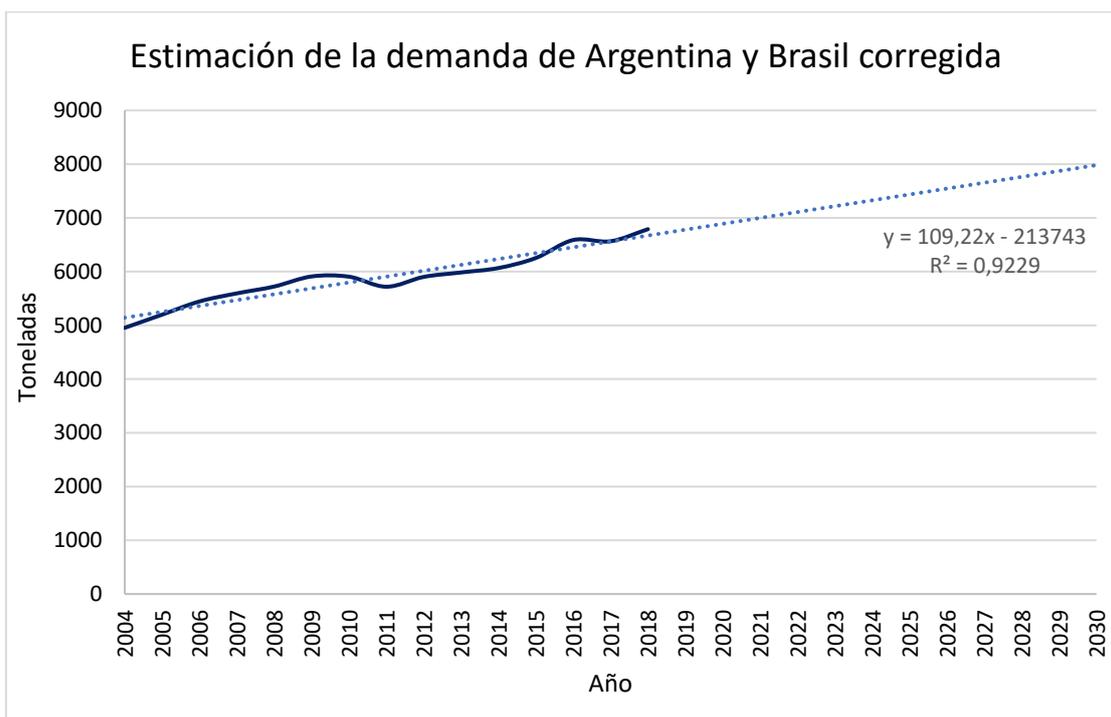


Gráfico 3-17: Demanda argentina y brasilera corregida. Fuente: Elaboración propia

Con un ajuste de correlación lineal de  $R^2 = 0.9229$  se puede realizar una proyección a través de la ecuación  $y = 109.22 * x - 213743$  la cual predice una capacidad instalada en el año 2031 de 8082.81 toneladas anuales que equivalen a 22.45 toneladas diarias si se elige trabajar de forma continua sin considerar paradas de planta. Los datos de la proyección realizadas se muestran en la tabla 3-9 y gráfico 3-19.

Tabla 3-9: Proyección de la demanda conjunta.

Año	Consumo
2021	6990,62
2022	7099,84
2023	7209,06
2024	7318,28
2025	7427,5
2026	7536,72
2027	7645,94
2028	7755,16
2029	7864,38
2030	7973,6
2031	8082,82



Gráfico 3-18: Proyección de la demanda conjunta. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 MATERIAS PRIMAS - ÁCIDO ACÉTICO

Tal como se hace mención en el capítulo II, para la producción de Acetato de n-butilo son necesarias y fundamentales como materia prima el ácido acético y butanol o alcohol butílico.

El ácido acético, o ácido etanoico, es uno de los ácidos carboxílicos más importantes. Se utiliza para la preparación de acetatos metálicos, para la producción de plásticos, acetatos de vinilo, para la confección de textiles y películas fotográficas y como disolventes para pinturas, lacas y resinas.

Se produce comercialmente, principalmente por fermentación bacteriana (fermentación oxidativa y la fermentación anaeróbica) y métodos sintéticos (carbonilación del metanol, oxidación del acetaldehído, oxidación del etileno), sin embargo, el método de producción biológica representa aproximadamente el 10% de la producción total en todo el mundo, mientras que los métodos sintéticos representan más del 65% de la producción mundial.

#### 3.4.2 Demanda y contexto internacional

El tamaño del mercado global de ácido acético se estimó en 15,924 kilo toneladas en 2020 y se proyecta que el mercado registre una tasa compuesta anual de más del 5% durante el período de pronóstico (2021-2026). Se prevé que el aumento de las aplicaciones en la industria de adhesivos, pinturas y recubrimientos, serán las causantes directas del aumento de la demanda mundial del ácido acético. (EMR - Expert Market Research, 2019)

El mercado global del ácido acético por aplicación, se ve fragmentado de la siguiente manera:

- Monómero de acetato de vinilo (VAM).
- Ácido tereftálico purificado (PTA).
- Anhídrido acético.
- Acetato de etilo.
- Acetato de butilo.

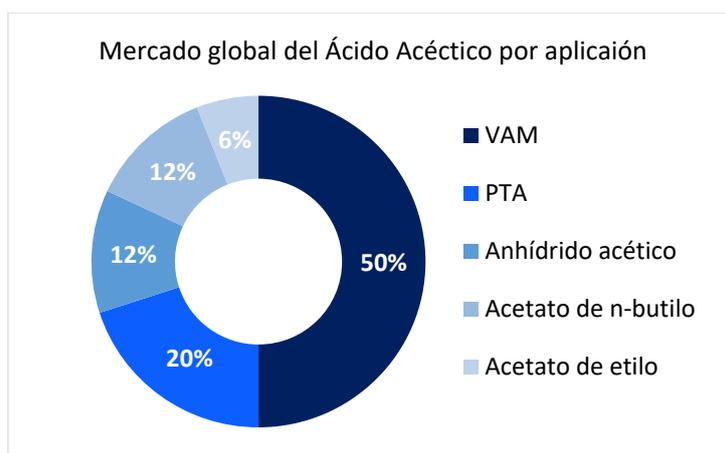


Gráfico 3-19: Mercado global del ácido acético por aplicación. Fuente: (EMR - Expert Market Research, 2019).

Entre estos, el VAM representa el segmento de uso final más grande del ácido acético, ya que se utiliza en la fabricación de numerosos polímeros y resinas utilizados en textiles, y junto al acetato de etilo y butilo, es utilizado en pinturas, revestimientos y adhesivos

El mercado se vio afectado negativamente por COVID-19 en 2020. El decaimiento de la industria automotriz junto con el cierre temporal de las unidades de fabricación de automóviles y varios proyectos de construcción debido al escenario pandémico en curso, ha disminuido el consumo de adhesivos, pinturas y recubrimientos, creando así un efecto negativo.

### 3.4.3 Principales actores del mercado y oferta mundial

El mercado está fragmentado por naturaleza con la presencia de un gran número de jugadores que compiten entre sí en términos de precios y calidad. Algunos de los principales actores que operan en el mercado incluyen: British Petroleum PLC, Corporación Celanese, Corporación Daicel, DuPont, Eastman Chemical Company, GNFC Limited, HELM AG, LyondellBasell Industries NV, Mitsubishi Chemical Corporation, PetroChina, SABIC, Showa Denko KK. Siendo British Petroleum Chemicals (Inglaterra) y Celanese Corporation (EE.UU) los líderes de este mercado.

Asia Pacífico sigue siendo la principal región productora y consumidora. Tal como se menciona, se espera que el mercado global crezca alrededor del 5% anual impulsado por el aumento de la demanda de las esferas de aplicación tradicionales y nuevas. Para satisfacer la creciente demanda, se introducirá nueva capacidad, principalmente en China y se espera que los mercados de América del Norte y Europa muestren tasas de crecimiento moderada.

Según la consultora IMARC los fabricantes de ácido acético están adoptando cada vez más nuevas tecnologías como British Petroleum y Corporación Celanese, que ofrecen ahorros significativos en costos variables, así como costos de capital más bajos para la construcción de nuevas plantas. Además de esto, también aumentan la capacidad, mejoran la eficiencia de producción, reducen el consumo de energía en aproximadamente un 30% y reducen los costos operativos. La creciente adopción de estas tecnologías emergentes para producir el químico y sus derivados está creando una perspectiva positiva para el crecimiento de la industria. (EMR - Expert Market Research, 2019)

### 3.4.4 Situación regional

Para el análisis regional del ácido acético, se realiza un primer enfoque considerando la región de Latinoamérica y el Caribe. Se muestra a continuación, en la tabla 3-8, el total exportado, importado y consumido anualmente en el periodo comprendido entre 2009 -2020.

Año	Exportaciones	Importaciones	Consumo
2009	4881	491677	486796
2010	4186	519894	515708
2011	8310	502692	494382
2012	2913	506213	503300
2013	2315	514216	511901
2014	2758	186996	184238
2015	4801	484978	480177
2016	4921	459752	454831
2017	4529	468908	464379
2018	3945	507287	503342
2019	2363	184970	182607
2020	521	174208	173687

Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)



Figura 3-20: Mercado de ácido acético en Latinoamérica y el Caribe. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

En base al análisis comprendido desde 2009-2019, las importaciones del producto son lideradas por México con el 60%, le sigue Brasil con el 30%, Argentina con un 4% y por último Colombia con un 2.4%.

Las exportaciones de este producto en la región analizada son muy bajas. Estas rondan en promedio las 4000 toneladas. El principal país exportador es México, con el 75% del mercado, con tres plantas que producen ácido acético industrial al 85%, ácido acético industrial y ácido acético glacial al 99%. (MitEdu, 2017), seguido muy de lejos por Brasil y Argentina, con el 5% y 1.3% respectivamente del total exportado.

Este panorama nos indica que ninguno de los países pertenecientes a Latinoamérica será capaz de abastecer a Argentina.

### 3.4.5 Mercado nacional

Argentina no posee actualmente plantas productoras de Ácido acético. Hasta 2017 se encontraban en actividad dos plantas pertenecientes al productor ATANOR S.C.A, una de ellas ubicada en Río Tercero con una capacidad instalada de 3600 toneladas anuales, y otra ubicada en Baradero, provincia de Bs. As, con una capacidad instalada de 12000 toneladas anuales. Si bien estuvieron en actividad hasta esa fecha, dejaron de producirlo en 2013, tal como se observa en la tabla 3-11.

La estructura del mercado local en 2018 se encontraba segmentada principalmente en industria química 80%, industria textil 8% e industria alimenticia 8%.

Se muestra a continuación la ficha comercial del ácido, extraída del Anuario Estadístico del Instituto de petroquímico argentino.

Tabla 3-11: Mercado nacional de ácido acético				
Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo Aparente
2010	13823	20171	45	33949
2011	444	25672	6	26110
2012	-	20835	2	20833
2013	1116	22750	1	23865
2014	-	23727	1	23726
2015	-	21457	1	21456
2016	-	16335	1	16334
2017	-	8428	35	8393
2018	-	6650	27	6623
2019	-	6981	197	6784
2020	-	6542	294	6248

Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018)

La totalidad del ácido acético utilizado a nivel nacional es importada, por lo tanto, se debe analizar los principales países proveedores de ácido acético a Argentina. Para esto se analizan las importaciones del periodo comprendido entre 2015 a 2020.

Principales Países proveedores de ácido acético a Argentina

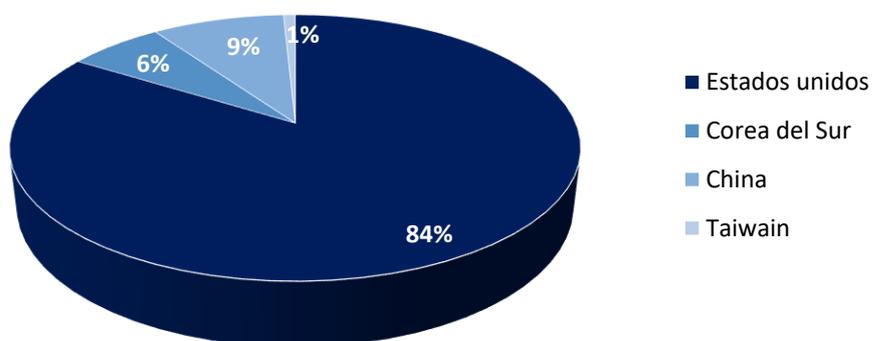


Gráfico 3-21: Principales países proveedores de Ácido acético a Argentina. Fuente: (INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020)

Argentina debe adquirir el Ácido acético proveniente de Estados Unidos, en primer lugar, por cuestiones de cercanía y por poseer el dominio del mercado exportador.

### 3.5 MATERIAS PRIMAS - BUTANOL

Se obtiene industrialmente a partir de hidroformilación o proceso OXO, o mediante ruta biológica a través del proceso ABE (Acetona-Butanol-Etanol). En la actualidad, el incremento del precio del petróleo y los potenciales usos de este alcohol, han hecho que vuelva a contemplarse este último.

#### 3.5.1 Demanda y contexto internacional

Según la consultora MarketsandMarkets, el tamaño del mercado mundial de n-butanol se estima en USD 3,1 mil millones en 2020 y se prevé que alcance los USD 4,0 mil millones en 2025, a una tasa compuesta anual del 5%. El mercado global está impulsado en gran medida por el aumento de las industrias de infraestructura y construcción. Además, se espera que aumente la producción mundial de n-butanol debido a la creciente demanda de recubrimientos por parte de las industrias de uso final. (MarketsandMarkets Research, 2020)

El mercado global del butanol por aplicación, se ve fragmentado de la siguiente manera:

- Acrilato de butilo
- Acetato de n-butilo
- Éteres de glicol
- Disolvente
- Otros

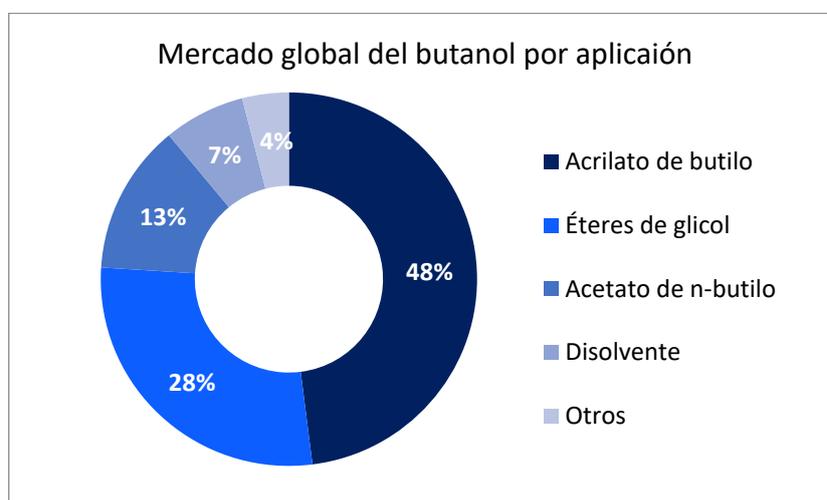


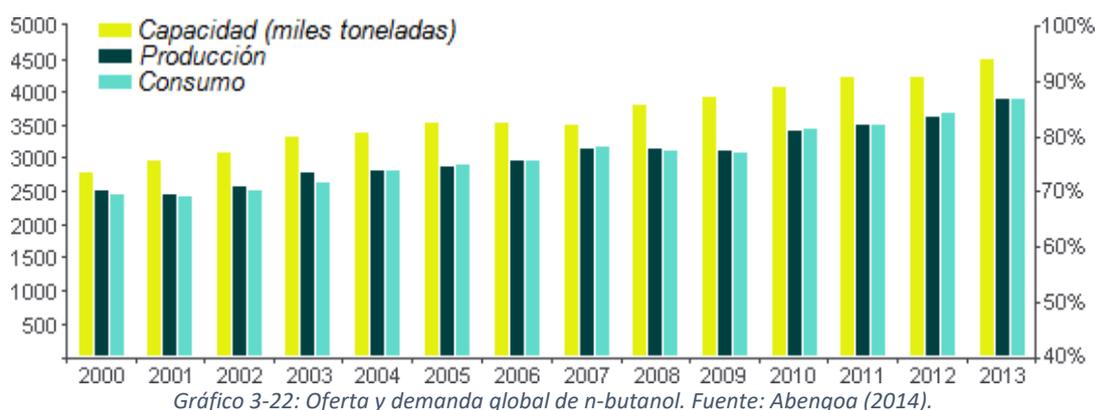
Gráfico 3-21: Mercado global del butanol por aplicación. Fuente: (DOW, 2013).

#### 3.5.2 Principales actores del mercado

Los principales actores del mercado del butanol son BASF (Alemania), The DOW Chemical Company (EE. UU.), Eastman (EE. UU.), OQ Chemicals (Alemania) y SASOL (Sudáfrica), SASOL (Sudáfrica), BASF PETRONAS (Malasia), PetroChina (China), Mitsubishi Chemical Company (Japón), SINOPEC (China) y KH Neochem (Japón).

Según la consultora Data Bridge, en su informe del 2020, Norteamérica domina el mercado debido a la gran cuota de mercado de EE.UU. en el que se incrementa el uso de acrilato de butilo en el país, lo que aumentará la demanda de n-butanol en la región. Se espera que la región de Asia-Pacífico mantenga la mayor tasa de crecimiento debido a que el aumento en la construcción de edificios y la construcción conducirá a un aumento en el consumo de n-butanol en la región.

A continuación, se muestra en el gráfico 3-20 la capacidad productiva, producción y consumo global del n-butanol. Tal como se observa, la capacidad y producción presentan una tendencia creciente, asegurando la disponibilidad de la misma para nuestro proyecto.



### 3.5.3 Situación Regional

Para el análisis regional del butanol, se realiza un primer enfoque considerando la región de Latinoamérica y el Caribe. Se muestra a continuación el total exportado, importado y consumido anualmente en el periodo comprendido entre 2009 -2020.

Año	Importaciones	Exportaciones	Consumo
2009	53987	2740	51247
2010	86497	8485	78012
2011	87178	1839	85339
2012	90937	1234	89703
2013	68472	825	67647
2014	63153	1100	62053
2015	41571	272	41299
2016	23911	86	23825
2017	26113	238	25875
2018	25755	271	25484
2019	24991	280	24711
2020	10433	27	10406

Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021)

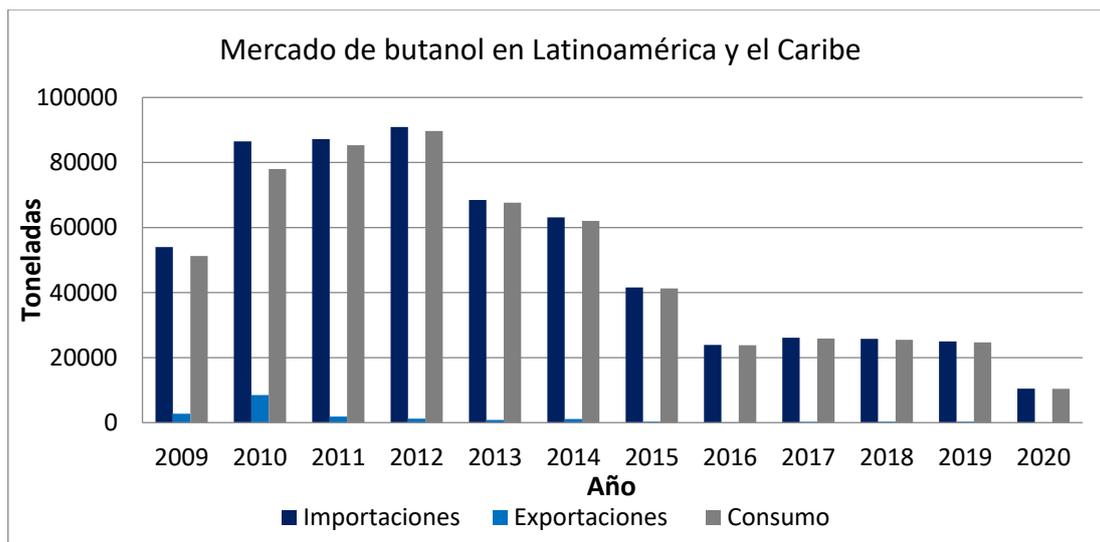


Gráfico 3-22: Mercado de butanol en Latinoamérica y el Caribe. Fuente: (TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, 2021).

En base al análisis comprendido desde 2009-2019, el principal país exportador es Brasil, con el 91% del mercado, seguido muy de lejos por México y Guatemala, con el 3% y 2% respectivamente del total exportado.

En cuanto a las importaciones del producto, Brasil lidera con el 54% del total importado, le sigue México con el 30%, Argentina con un 4% y por último Colombia con un 3%.

El comportamiento del mercado regional posee un comportamiento opuesto al mercado global, tal como se hace mención en el punto 3.5.2, donde la demanda y producción del butanol presentan una tasa de crecimiento considerable.

Este comportamiento nos da un indicio que la opción del lugar de procedencia más acertada, para la adquisición de butanol, podría ubicarse fuera de la región LATAM y el Caribe.

### 3.5.4 Mercado Nacional

Argentina no produce butanol, por ello la totalidad del consumo y exportaciones locales son cubiertas por la importación del producto. En base al Anuario Estadístico de IPA del 2019, tabla 3-13, el mercado del butanol está destinado en un 70% a la industria química (acetatos, maleatos, etc.) y el 30% restante es destinado a la industria de los solventes y pinturas.

Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo Aparente
2010	-	3162	4	3158
2011	-	2192	7	2185
2012	-	1950	13	1937
2013	-	927	-	927
2014	-	1212	-	1212
2015	-	1433	-	1433
2016	-	542	-	542
2017	-	1164	-	1164
2018	-	967	-	967
2019	-	765	-	765
2020	-	847	1	847

Fuente: (IPA - Instituto Petroquímico Argentino, 2018)

El total de butanol necesario para nuestro proyecto debe ser importado. Se muestran a continuación, gráfico 3-22, los principales países proveedores a Argentina.

Principales países proveedores de butanol a Argentina

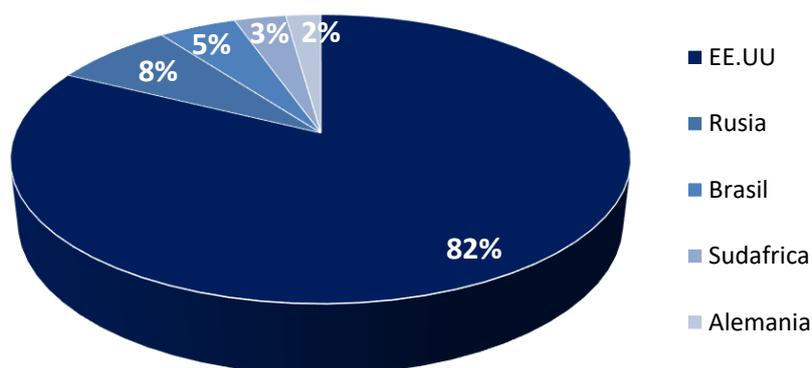


Gráfico 3-22: Principales países proveedores de Butanol a Argentina. Fuente: (INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020)

Se encuentra liderando el mercado exportador con el 71.9% Estados Unidos, seguido por Rusia con el 6.5% y Brasil con el 4.2%.

En base a lo antes expuesto, el principal candidato para la adquisición de la materia prima es Brasil, por ser el tercer país dominante de las exportaciones a nuestro país y además por ser miembro del Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

### 3.6 ANÁLISIS FODA

Es una herramienta de estudio de la situación de una empresa, institución, proyecto o persona, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) que tiene por objetivo determinar las ventajas

competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

Tabla 3-14: Análisis Foda del proyecto	
<b>FORTALEZAS</b>	No hay plantas productoras de acetato de n-butilo en Argentina.
	Altas tasas de crecimiento de demanda de materias primas a nivel mundial.
	Proceso productivo innovador.
	Argentina cuenta con mano de obra especializada.
	No hay generación de efluentes contaminantes.
	Inversión inicial menor a la correspondiente al proceso convencional.
<b>OPORTUNIDADES</b>	Crecimiento rápido de demanda de pinturas y recubrimientos a nivel mundial.
	Crecimiento de la demanda nacional del solvente.
	Su uso no está sujeto a un único destino, sino que puede ser aplicado a una amplia gama de pinturas y recubrimientos.
<b>DEBILIDADES</b>	No existen vías de abastecimiento de materias primas en el país.
	Bajas posibilidades de acceso a nuevos mercados externos.
	Mayores esfuerzos para competir con los grandes productores y ganar mercado.
<b>AMENAZAS</b>	La existencia de otros solventes que pueden reemplazarlo.
	Crecimiento del mercado de pinturas y recubrimientos disueltos en medio acuoso.
	Al ser un solvente orgánico volátil, presenta sustitutos amigables con el medio ambiente.
	Situación económica inestable del país.

*Fuente: Elaboración propia.*

# CAPÍTULO IV

## LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA



## **CAPÍTULO IV: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

La selección del sitio industrial es una de las decisiones clave en el proceso de iniciar, expandir o cambiar la ubicación de una industria. El problema de la ubicación industrial puede representarse como un proceso de selección de emplazamientos potenciales en el que se intenta satisfacer todos los requisitos de la mejor manera posible.

Tradicionalmente, la selección se ha basado casi exclusivamente en criterios económicos y técnicos. Actualmente, se desea un mayor grado de sofisticación para satisfacer también una serie de requisitos sociales y ambientales, que pueden ser aplicados por la legislación y las regulaciones gubernamentales. El proceso de selección del emplazamiento industrial se convierte, por tanto, en un complejo análisis multicriterio, que incluye cuestiones técnicas, económicas, sociales, medioambientales y políticas, que posiblemente den lugar a objetivos contradictorios.

El problema de encontrar la ubicación óptima corresponde, en términos de empresa, a encontrar la ubicación que da la mayor diferencia entre ingresos y costos". Por lo tanto, determinar los factores importantes en relación con la ubicación es de gran importancia, ya que influye en la capacidad de generación de beneficios, maximizando los ingresos y minimizando los gastos, y por tanto, en su capacidad para mantenerse firme y competitivo en el mercado.

Debido a la complejidad de la tarea, el proceso de selección se divide en dos fases: la selección de una macro ubicación y, dentro de esta área, la selección de una micro ubicación. La macro ubicación es un área geográfica que cumple con los requisitos básicos para la construcción y desarrollo de la industria. La micro ubicación es el lugar específico dentro de la macro ubicación que cumple con los requisitos técnicos, de infraestructura y del proceso de trabajo. (Pedraza Rendón, 1995)

El análisis se lleva a cabo mediante el método de cribado, este permite obtener una primera identificación de los emplazamientos industriales más adecuados. Posterior a este, el análisis se realiza en base al método de puntuaciones ponderadas, con él se evalúa comparativamente los diferentes sitios y se determinan las zonas sobre las que se intensificará el estudio.

### **4.2 MACROLOCALIZACIÓN**

La macro localización pretende seleccionar la región o zona más adecuada, evaluando las regiones que preliminarmente presentan ciertos atractivos para la industria.

El proyecto para la planta de producción de acetato de n- butilo fue concebido e ideado para localizarse en territorio argentino, con objeto de la sustitución de las importaciones de este producto ya que no existe su producción nacional, y además para cubrir un 35% de la demanda de Brasil.

Se realiza a continuación el estudio considerando diversos factores importantes, que permitan definir la localización óptima de la planta productora. Entre estos se encuentran:

- Disponibilidad de materia prima
- Disponibilidad de zonas de consumo

- Disponibilidad de transporte
- Disponibilidad de parques industriales
- Disponibilidad de mano de obra

Para esta primera fase se hace uso del método de cribado. Se emplearán varios mapas del país sombreando primero, en cada uno de los mapas individuales, las zonas que satisfagan cada uno de los factores que sucesivamente se van considerando.

#### 4.2.1 Disponibilidad de materia prima

La disponibilidad de materia prima cerca de la ubicación de la industria es uno de los puntos más importantes, esto influye considerablemente en la reducción del costo de transporte y, por lo tanto, el costo total de producción del producto.

De acuerdo al estudio de mercado, expuesto en el capítulo III, las materias primas esenciales para este proyecto, ácido acético y butanol, no se producen actualmente en el país. Este panorama nos obliga a importarlas. Por tal motivo, para el análisis de este factor se realiza un estudio sobre los principales distribuidores, considerando sobre estos, calidad, cantidad y presencia de medios de transporte.

Distribuidor	Ciudad	Provincia	Ácido acético	Butanol
Alper Química	San Martín	Buenos Aires	Si	No
Alper Química	La Matanza	Buenos Aires	Si	No
Alpha Química	Villa María	Córdoba	Si	No
Centauro Alpha SRL	Florida	Buenos Aires	Si	Si
Central Química	Moreno	Buenos Aires	Si	No
Laboratorios LADCO	San Martín	Buenos Aires	No	Si
MarPaq SA	Lanús Este	Buenos Aires	Si	No
PRAMOL	Moreno	Buenos Aires	Si	No
Proquim	Villa Ballester	Buenos Aires	No	Si
Química Callegari SRL	Luis Guillón	Buenos Aires	Si	Si
Química Córdoba SA	Buenos Aires	CABA	Si	Si
Química Oeste SA	Esteban Echeverría	Buenos Aires	Si	Si
Research AG (Anedra)	Tigre	Buenos Aires	Si	Si
Serquim	Villa Lynch	Buenos Aires	Si	Si
Uniquim	San Fernando	Buenos Aires	Si	No

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4-1 se realiza una ligera descripción de los laboratorios argentinos que distribuyen los compuestos químicos de interés, para este caso, ácido acético y alcohol butílico. Según la información detallada en la provincia de Buenos Aires, específicamente en el área de la región metropolitana, se encuentra la mayor concentración de distribuidores de precursores químicos para la industria. Para esta búsqueda, quedan exentos cualquier laboratorio que provea de sustancias químicas para usos de laboratorio. Para esta selección, se consideraron principalmente los volúmenes de venta de cada uno ya sean contenedores de 25, 200 o 1000 litros, si cada compañía cuenta con unidades de transportes propias que dejen ver una logística oportuna, será un dato importante a considerar que un mismo centro de distribución tenga disponibilidad de las dos materias primas simultáneamente y además que cuenten con normas de certificación. Fueron consideradas las instalaciones que proveen hojas de seguridad y fichas técnicas de venta como así también, aquellas que ofrecen información clara y concisa de centros de administración y distribución, formas de contacto y fácil alcance.



*Imagen 4-1: Distribución geográfica de los principales distribuidores de ácido acético y butanol. Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.2 Disponibilidad de zonas de consumo

La localización de los clientes es un factor importante debido a que influye principalmente en el costo de transporte del producto terminado. Es aconsejable una localización cercana al mercado, pero cabe aclarar que, si este se encuentra disperso, la influencia de este factor se hace menos evidente.

El destino principal del acetato de n-butilo, son las industrias productoras de pinturas, barnices y recubrimientos. Se realiza el análisis de las potenciales zonas de consumo, considerando las principales industrias de esta línea. En la tabla 4-2 se detallan las empresas que implican el destino final del acetato de n-butilo.

Tabla 4-2: Empresas argentinas productoras de pinturas y revestimientos.		
Empresa	Ciudad	Provincia
Alba	Garín	Buenos Aires
BASF Argentina	Gral. Lagos	Santa Fe
Brimenn	San Martín	Buenos Aires
Catalac Pinturas y Recubrimientos	San Justo	Buenos Aires
Celta Laf	Pérez	Santa Fe
Cintoplom	Ciudadela	Buenos Aires
Color Mixing Argentina SA	Lomas de Zamora	Buenos Aires
Colorín	San Luis	San Luis
Cotigraf SA	Lanús	Buenos Aires

Descar Pinturas y Diluyentes	Gral. Rodríguez	Buenos Aires
Dexton	Baradero	Buenos Aires
Elyon Pinturas	Córdoba	Córdoba
Emiway	Villa Lynch	Buenos Aires
Empai SA	Córdoba	Córdoba
EpoxiCor	Córdoba	Córdoba
ExtraCryl	Ciudadela	Ciudad de Buenos Aires
Fadepa	Villa Nueva	Córdoba
Farbenlac SA	Los Cardales	Buenos Aires
Farbolux Pinturas Marinas	CABA	CABA
IDM	San Lorenzo	Santa Fe
ImperAR	Malvinas Argentinas	Córdoba
Industrial Sauce	Sauce Viejo	Santa Fe
Intiba	La Matanza	Buenos Aires
Kelcot SA	José Ingenieros	Buenos Aires
Kolor Max SA	San Juan	San Juan
Laxton	La Plata	Buenos Aires
Matra	La Tablada	Buenos Aires
Micam-p	Rio Ceballos	Córdoba
Pinar	Villa Gobernador Gálvez	Santa Fe
Pinturas Floma SRL	Alta Gracia	Córdoba
Pinturas Geosol	Reconquista	Santa Fe
Pinturas Illinois	Rosario	Santa Fe
Pinturas Misioneras	Posadas	Misiones
Pinturas Quality	Cañada de Gómez	Santa Fe
Pinturas Tekno	Las Heras	Mendoza
Pinturas Wall	Las Heras	Mendoza
Plata y Luz SA	Santa Fe	Santa Fe
Polenta pinturas y servicios	Córdoba	Córdoba
Prixma	Berisso	Buenos Aires
Quimex	Córdoba	Córdoba
Regis SA	Las Heras	Mendoza
Revesta Pinturas	Florida	Buenos Aires
SA Tigra	San Justo	Buenos Aires
Schori	Hurlingham	Buenos Aires
Sherwin-Williams	Ciudadela	Buenos Aires
Sintoplast	Ezeiza	Buenos Aires

Solvenlac Pinturas	La Matanza	Buenos Aires
Sorbalok	Paraná	Entre Ríos
SteelCote Pinturas	Avellaneda	Buenos Aires
Tersuave	Villa Mercedes	San Luis
Uxell Pinturas	Almirante Brown	Buenos Aires
Vacri Pinturas Industriales	Hurlingham	Buenos Aires
Xador Química SRL	Rosario	Santa Fe

Fuente (ATIPAT, 2021). Elaboración propia.

Para la selección de las empresas que definen las zonas de consumo, se consideró niveles de producción moderadamente altos o altos, quedando exentas las compañías que producen pinturas acrílicas destinadas a las artes visuales. Quedan también fuera de la selección, cualquier fábrica que tenga líneas de producción de tintas y adhesivos que requieran del disolvente en bajas cantidades y también empresas que además de hacer pinturas tienen su propia línea de fabricación de solventes. Cabe también aclarar que aquellas empresas que se encargan sólo de la distribución de pinturas, no son tenidas en cuenta.

Todas las industrias elegidas, logran pinturas y revestimientos del tipo decorativo para el hogar, protector para industrias y recubrimientos específicos para diversas superficies. Todas emplean en su cadena de producción resinas acrílicas, vinílicas, poliuretánicas, de caucho clorado, nitro celulósicas y cumplen con normas de calidad. En su gran mayoría comercializan envases de 20 litros.

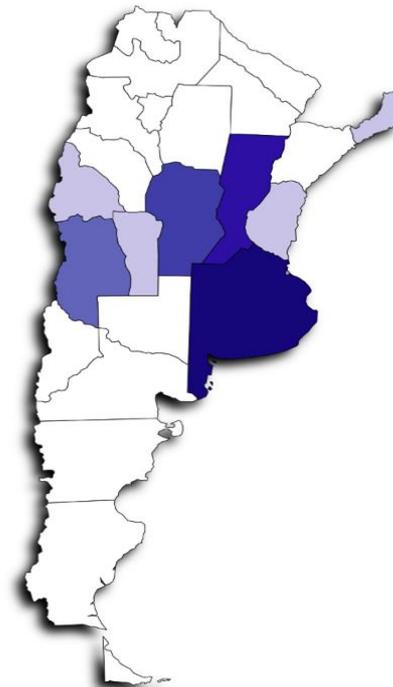


Imagen 4-2: Distribución geográfica de las zonas de consumo. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3 Disponibilidad de transporte

La disponibilidad de transporte proporciona la posibilidad de entablar vínculos con los diferentes medios empresariales, el aprovisionamiento del sistema de producción y la circulación de los productos. La disponibilidad y eficacia de los transportes son aspectos importantes para el buen funcionamiento de la producción. En ocasiones el costo de transporte representa un buen porcentaje del costo total del producto terminado, por lo cual se debe asegurar la economía de los medios de transporte que se necesiten.

Como se hizo mención en el estudio de mercado, el proyecto se centra en la sustitución de las importaciones. Se analiza por lo tanto la disponibilidad de transporte en el territorio argentino, ver tabla 4-3.

Tabla 4-3: Disponibilidad de transporte	
Provincia	Nivel de transporte
Jujuy	Bajo
Salta	Bajo
Formosa	Bajo
Tucumán	Moderado
La Rioja	Bajo
Santiago del Estero	Bajo
Chaco	Bajo
Santa Fe	Elevado
Misiones	Bajo
Corrientes	Bajo
Entre Ríos	Moderado
Córdoba	Elevado
San Luis	Moderado
Catamarca	Bajo
Mendoza	Bajo
Buenos Aires	Elevado
La Pampa	Bajo
San Juan	Bajo
Neuquén	Bajo
Río Negro	Bajo
Chubut	Bajo
Santa Cruz	Bajo
Tierra del Fuego	Bajo

Fuente: (Ministerio de transporte de la Nación, 2021)

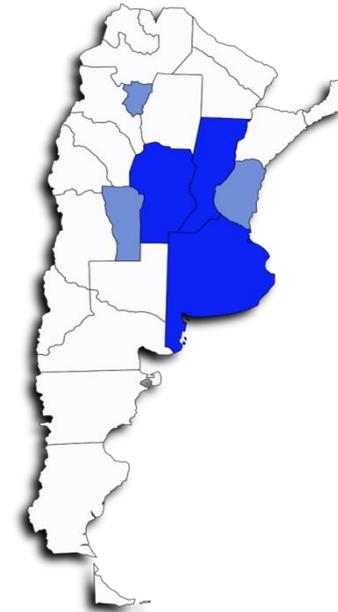


Imagen 4-3: Distribución geográfica de la disponibilidad de transporte.

#### 4.2.4 Disponibilidad de parques industriales

Según el Ministerio de Producción de la nación un parque industrial es un predio delimitado que tiene por objetivo albergar empresas que generen bienes o servicios para la industria que deberán cumplir con obligaciones vinculadas al cuidado del medioambiente y al crecimiento armónico entre una industria y los habitantes de una ciudad.

La República Argentina cuenta con una red de parques industriales a lo largo y ancho del país. Distribuidos en el marco de una estrategia política pública productiva. Cualquiera podría pensar que se encuentran radicados en localidades con fuerte predominio industrial, sin embargo, la mayoría fueron promovidos en localidades que solo alcanzan estructura primaria con una cantidad de habitantes que rondan entre 10.000 y 100.000 personas para generar puestos de trabajo. Lo que es cierto, es que la mayor concentración de estos se da en la zona céntrica de la geografía argentina dada la mayor densidad poblacional. Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos y Córdoba aglomeran la mayor cantidad de parques industriales del país.

Nuestro país cuenta con alrededor de 400 parques industriales en diferentes niveles de desarrollo tanto en materia de infraestructura, como de tasa de ocupación. Del total, el 80% son públicos, 8000 industrias funcionan en ellos y generan el 15% del empleo industrial. Un 80% de las empresas que residen en estos parques son pymes, mientras que el 20% restante son grandes empresas. (Ministerio de desarrollo productivo, 2021)

En la tabla 4-4, se deja información acerca de la distribución de los parques nacionales que se encuentran inscriptos en el Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI).

Tabla 4-4: Distribución de parques industriales	
Provincia	Cantidad de parques
Buenos Aires	90
Catamarca	1
Chaco	9
Chubut	9
Córdoba	17
Corrientes	7
Entre Ríos	22
Formosa	1
Jujuy	2
La Pampa	8
La Rioja	2
Mendoza	13
Misiones	6
Neuquén	7
Río Negro	13
Salta	5
San Juan	7
San Luis	-
Santa Cruz	2
Santa Fe	31
Santiago del Estero	3
Tierra del Fuego	1
Tucumán	4

Fuente: Ministerio de producción de la Nación.

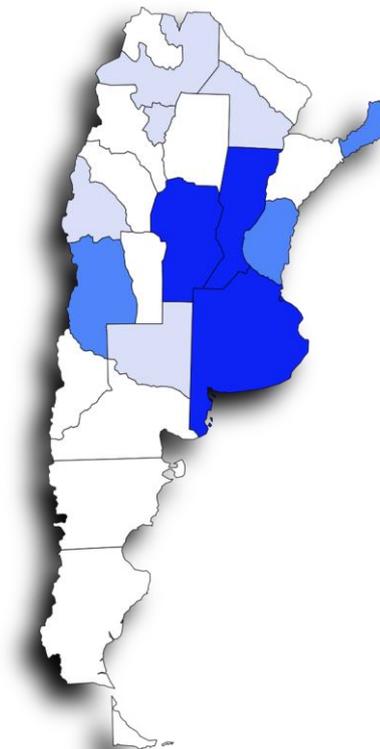


Imagen 4-4: Distribución geográfica de parques industriales.

#### 4.2.5 Disponibilidad de mano de obra

Según las proyecciones estimadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC), en 2021 la población de Argentina alcanzaría los 45.808.747 habitantes de los cuales el 49.10% son varones y el restante 50.89% mujeres. Estas proyecciones son realizadas con base de datos sentadas en el último censo realizado en el año 2010 y se detalla información específica en las tablas 4-5 y 4-6.

Edades	2021	Varones	Mujeres
0- 4	3.698.813	1.903.318	1.795.495
5-9	3.756.437	1.932.305	1.824.132
10-14	3.622.606	1.864.856	1.757.750
15-19	3.506.737	1.794.858	1.711.879
20-24	<b>3.523.049</b>	1.789.776	1.733.273
25-29	<b>3.562.951</b>	1.794.010	1.768.941
30-34	<b>3.383.352</b>	1.688.207	1.695.145
35-39	<b>3.165.656</b>	1.570.184	1.595.472
40-44	<b>3.110.884</b>	1.534.504	1.576.380
45-49	<b>2.751.947</b>	1.348.259	1.403.688
50-54	<b>2.327.037</b>	1.130.091	1.196.946
55-59	<b>2.119.884</b>	1.016.281	1.103.603
60-64	1.926.122	906.232	1.019.890
65-69	1.683.583	770.680	912.903
70-74	1.382.220	606.352	775.868
75-79	1.007.914	413.472	594.442
80-84	658.156	243.602	414.554
85-89	378.990	122.829	256.161
90-94	176.477	48.175	128.302
95-99	54.956	12.686	42.270
100 y más	10.976	2.141	8.835

Fuente: (INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020). *Elaboración propia*

Según las proyecciones estimadas y las legislaciones laborales en nuestro país, una persona puede trabajar a partir de los 18 años de manera indiferente según sexo, mientras que a la edad de 65 para hombres y 60 para mujeres se alcanza un requisito para la jubilación. Considerando el rango de edad 20 – 59 en argentina un 52.27% del total de la población debería estar cumpliendo o en condiciones de cumplir con obligaciones laborales. Según el INDEC, el último trimestre del año 2020 arroja un 11% de desocupación a nivel nacional.

Algunos datos relevantes para hacer un análisis de disponibilidad de mano de obra son:

- Nuestro país alcanza una tasa de alfabetización del 98.4% sobre el total.
- Una esperanza de vida de 76.5 años.
- Baja densidad poblacional por el extenso territorio. 16 habitantes por km<sup>2</sup>.

La baja densidad poblacional responde al hecho de que Argentina concentra su población en las provincias céntricas, donde además se centraliza la actividad industrial. En la tabla 4-6 se observa la población detallada por provincia, en esta se puede ver que la provincia de Buenos Aires en conjunto con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe reúnen el 61,45% del total de la población estimada para 2021, es decir, más de la mitad del país en solo 4 distritos.

Tabla 4-6: Población por provincias	
Provincia	Cantidad de habitantes
Buenos Aires	17.709.598
CABA	3.078.836
Catamarca	481.991
Chaco	1.216.247
Chubut	629.181
Córdoba	3.798.261
Corrientes	1.130.320
Entre Ríos	1.398.510
Formosa	610.019
Jujuy	779.212
La Pampa	361.394
La Rioja	398.648
Mendoza	2.010.363
Misiones	1.274.992
Neuquén	672.461
Río Negro	757.052
Salta	1.441.988
San Juan	789.489
San Luis	514.610
Santa Cruz	374.756
Santa Fe	3.563.390
Santiago del Estero	988.245
Tierra del Fuego	177.697
Tucumán	1.714.487

Fuente: INDEC. Elaboración propia.

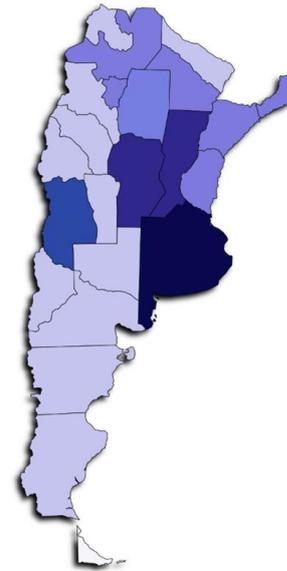


Imagen 4-5: Distribución geográfica de la población Argentina. Elaboración propia.

Al momento de pensar en la disponibilidad de mano de obra, pensar en mano de obra calificada es acertado, para ello se piensa en la educación y formación profesional argentina. El país cuenta hoy con 136 centros de educación superior que comprende universidades nacionales públicas y privadas, institutos terciarios y las 33 sedes de la Universidad Tecnológica Nacional distribuidas en todo el territorio nacional. La tabla 4-7 brinda esta información.

Provincia	Cantidad
Buenos Aires	32
CABA	37
Catamarca	1
Chaco	2
Chubut	2
Córdoba	10
Corrientes	2
Entre Ríos	7
Formosa	1
Jujuy	1
La Pampa	1
La Rioja	3
Mendoza	10
Misiones	1
Neuquén	2
Ríos Negro	1
Salta	2
San Juan	2
San Luis	1
Santa Cruz	2
Santa Fe	8
Santiago del Estero	2
Tierra del Fuego	2
Tucumán	4



Imagen 4-6: Zona definida por la macrolocalización. Comprende las provincias de Córdoba, Bs. As. y Santa Fe.

Fuente: (Ministerio de Educación de la Nación, 2021). Elaboración propia.

#### 4.2.6 Conclusión Macro localización

En base a lo antes expuesto, en la figura 4-6, se puede observar lo que queda definido como macrolocalización, Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires. Estas provincias presentan ventajas en cuanto al resto de las provincias consideradas, entre estas, disponibilidad de materia prima, alta disponibilidad de consumidores finales, disponibilidad de mano de obra general y calificada, y no menos importante, la mayor concentración de parques industriales.

#### 4.3 MICRO LOCALIZACIÓN

Independientemente del tipo de negocio de la empresa, pero especialmente si se trata de una industria, las decisiones de ubicación son estratégicas y hacen parte integral del proceso de planificación. De esta forma, la micro localización, consiste en la selección específica del sitio o terreno que se encuentra en la región que ha sido evaluada como la más conveniente. (Pedraza Rendón, 1995)

Dentro de las zonas definidas por la macro localización, la provincia de Buenos Aires es la más propicia. Cuenta con la mayor densidad poblacional del país, elevada comunión de rutas nacionales, provinciales y caminos para el transporte. Posee el número más alto de parques y sectores industriales con la mayor cantidad de beneficios para la radicación de fábricas.

Los factores preponderantes, como disponibilidad de materia prima y zonas de consumo, son los principales responsables de centrar la micro localización en Buenos Aires. En esta provincia se encuentran la mayoría de los puertos en donde desembarcan nuestras materias prima y, por ende, la mayor conglomeración de sus distribuidores. Los consumidores finales de mayor volumen de nuestro producto también se encuentran distribuidos en esta provincia.

De acuerdo al estudio de mercado, nuestra empresa exportara a Brasil gran parte de la producción. Por tal motivo se considera como factor importante la cercanía de la industria a la frontera ARGENTINA-BRASIL en relación a los puertos.

De esta forma quedan excluidas las provincias de Córdoba y Santa Fe, principalmente por no contar con grandes puntos de abastecimiento de materia primas y por poseer mayores distancias hacia las principales zonas de consumo y hacia los principales puertos.

Se consideró además que la ubicación de la única planta exproductora de acetato de n-butilo en nuestro país estaba emplazada en Baradero, provincia de Buenos Aires. En el año 2017 ATANOR S.C.A cerró su planta. Esta tenía una capacidad instalada de 6000 toneladas anuales. Ver imagen 4-7.



Imagen 4-7: Ubicación de la exproductora de acetato de n-butilo - Atanor. Fuente: Google maps.

Se realiza a continuación el análisis de la microlocalización considerando la provincia de Buenos Aires, teniendo en cuenta factores económicos, factores geográficos, factores sociales y ambientales.

#### **4.3.1 Parques industriales**

Se hará mayor énfasis a las zonas con parques industriales, donde los beneficios sean mayores y las normativas que rijan en estos contribuyan a la factibilidad de llevar a cabo el proyecto.

En la tabla 4-8 se muestran los parques industriales de la provincia de Buenos Aires. No fueron considerados aquellos emplazamientos sin lotes disponibles o los que poseen disponibilidad limitada.

Tabla 4-8: Parques industriales en la provincia de Buenos Aires.

Parque Industrial	Municipio	Sup. Total (ha)	Disponibilidad de lotes
Parque Industrial de Tres Arroyos	Tres Arroyos	131	SI
Parque Industrial Pergamino	Pergamino	70	SI
Parque Ind. General Pueyrredón	Gral. Pueyrredón	260	SI
Parque Industrial de Olavarría	Olavarría	204	SI
Parque Industrial Franco del Oeste	Moreno	55	SI
Parque Industrial de Tandil	Tandil	52	SI
Parque Industrial de Bragado	Bragado	77	SI
Parque Industrial de Bahía Blanca	Bahía Blanca	99	SI
Parque Industrial PIBERA	Berazategui	27	SI
Parque Ind. y Log. Paraná de las Palmas	Zárate	122	SI
Parque Industrial Oficial Comirsa	Ramallo	485	SI
Parque Industrial de Lincoln	Lincoln	24	SI
Polo Industrial General Rodríguez	Gral. Rodríguez	65	SI
Parque Ind. Villa Luján Avellaneda	Avellaneda	32	SI
Parque Ind. Plaza Industrial de Escobar	Escobar	80	SI

Fuente: Ministerio de Producción y Trabajo Argentino - Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI 2019. Elaboración propia.

Todos los emplazamientos nombrados en la tabla 4-8 son de carácter público, mientras que el parque industrial Franco del Oeste, PIBERA, Escobar, Parque industrial y logístico Paraná de las Palmas y el Polo Industrial General Rodríguez, presentan carácter privado, y por último el parque industrial Villa Luján Avellaneda posee carácter mixto. Para definir sobre cuáles de estos se realizará posteriormente el método de las puntuaciones ponderadas, se analizan las distancias comprendidas entre las fuentes de materias primas y las zonas de consumo. Ver punto 4.3.2. (Programa nacional de parques industriales, 2021)



Imagen 4-8: Parques industriales. Fuente: Ministerio de Producción y Trabajo Argentino - Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI 2019. Elaboración propia.

### 4.3.2 Materias primas y zonas de consumo

Tanto el abastecimiento de materias primas como la distribución de las zonas de consumo del producto terminado condicionan el correcto funcionamiento de la empresa.

En cuanto a los proveedores de las materias primas ubicados en la provincia de Buenos Aires, tabla 4-1, se priorizan aquellos que disponen de ambas, ácido acético y butanol.

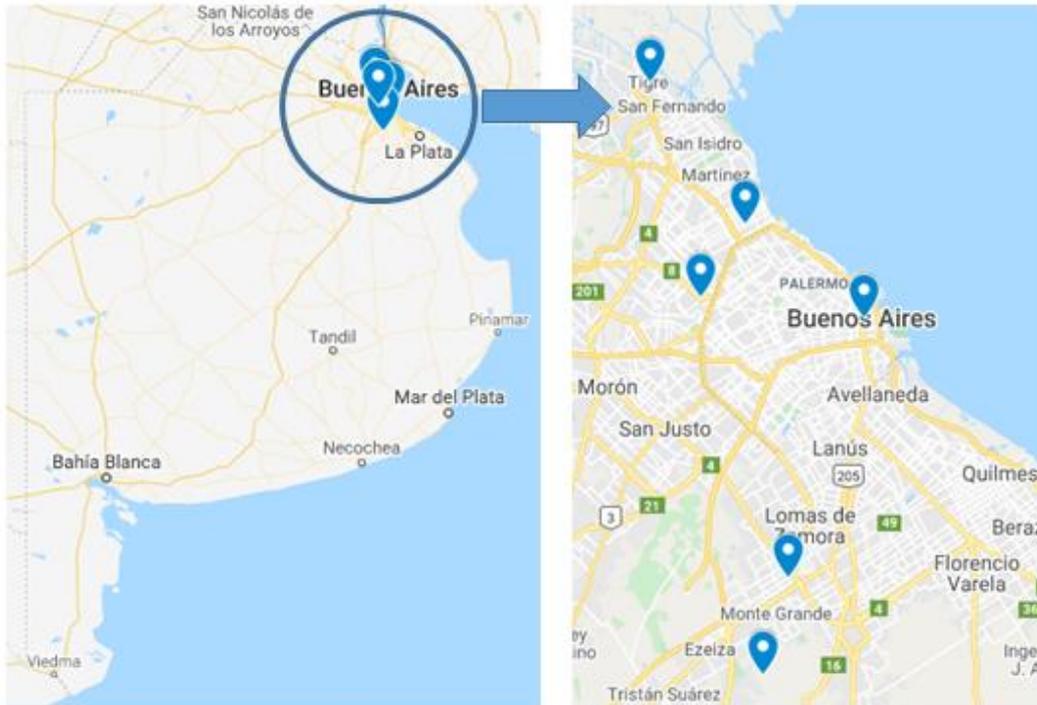


Imagen 4-9: Ubicación de los distribuidores de ácido acético y butanol. Elaboración propia.

Se muestra a continuación, imagen 4-10, la distribución geográfica de las principales zonas de consumo de nuestro producto en la provincia de Buenos Aires.

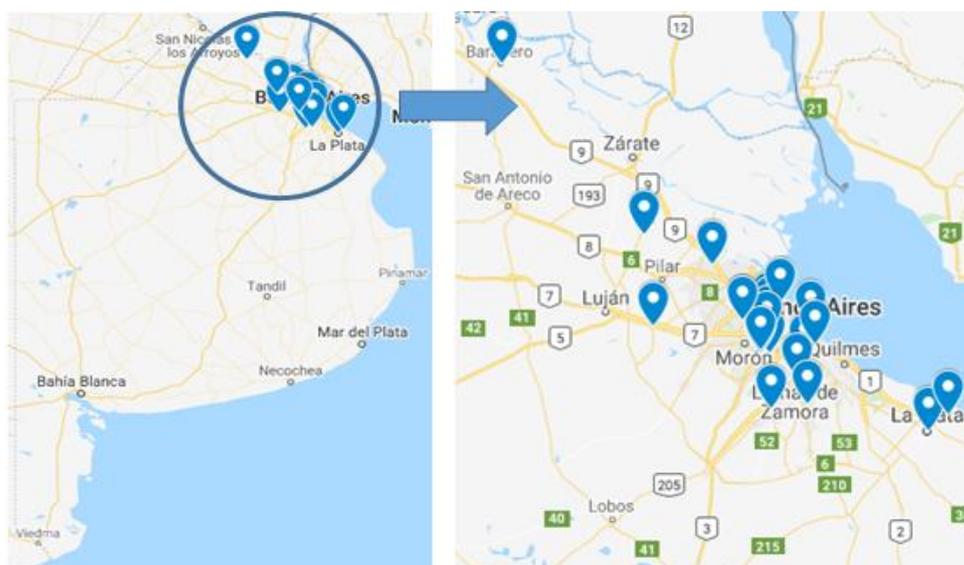


Imagen 4-10: Distribución geográfica de zonas de consumo de acetato de n-butilo. Elaboración propia.

Tal como se observa en las imágenes 4-9 y 4-10, casi la totalidad de los proveedores de las materias primas y las zonas de consumo de acetato de n-butilo se ubican en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) o en zonas cercanas a esta.

A modo de visualizar los tres factores analizados, parques industriales, materia prima y zonas de consumo, se los ubica conjuntamente en el mapa.

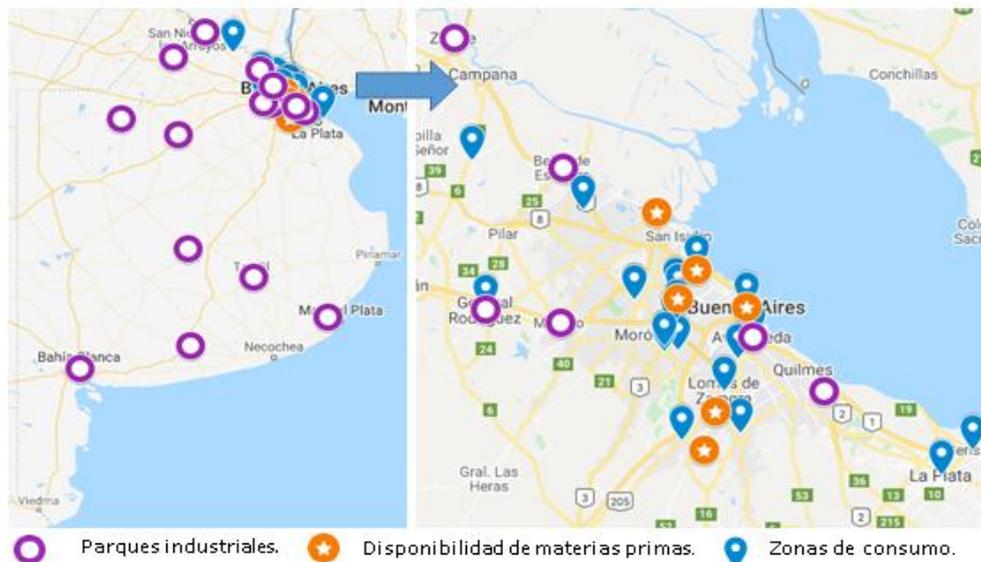


Imagen 4-11: Ubicación geográfica de parques industriales, disponibilidad de materia prima y zonas de consumo. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3 Análisis comparativo

Concluir un parque industrial requiere del análisis profundo de los disponibles. En una primera instancia se eligen 3 de forma estratégica para designar, a través de un sistema de ponderación, el más adecuado.

Al momento de elegir estratégicamente 3 parques industriales para hacer un análisis comparativo, medir las distancias desde un posible centro de producción al centro de consumo más próximo para tomar las cortas distancias como un punto a favor, no resulta demasiado útil cuándo hay que cubrir una demanda nacional con muchos centros de producción de pinturas y recubrimientos distribuidos en todo el territorio nacional. Si además de proveer solvente a la industria local, se exporta, pensar en un parque industrial próximo a un puerto es acertado. Con una disposición final de centros de consumo concentrada en el área metropolitana de Buenos Aires, además de centros de consumo menores en Rosario y Córdoba y al mismo tiempo que hay que cubrir demanda en Brasil, asegurar la instalación de la planta sobre la arteria principal de Argentina, Autopista Buenos Aires - Rosario – Córdoba, paralela a la ruta nacional N°9 no es una decisión errada. Siguiendo este lineamiento, sabiendo que la mayor concentración de puertos se encuentra en la provincia de Buenos Aires, siendo esta última la elegida como microlocalización, se dispone realizar un análisis comparativo entre los siguientes tres parques industriales:

1. Parque Industrial Oficial Comirsa - Ramallo.
2. Parque Industrial y Log. Paraná de las Palmas - Zárate.
3. Parque Industrial Plaza Industrial de Escobar - Escobar.

Tabla 4-9: Ubicación, tamaño y costo de lotes disponibles en parques industriales.

Emplazamiento	Tamaño	Costo
Parque Industrial Oficial Comirsa -Ramallo.	2000 m <sup>2</sup> - 50.000 m <sup>2</sup>	55 - 80 USD/m <sup>2</sup>
Parque Ind. y Log. Paraná de las Palmas - Zárate	5000 m <sup>2</sup> - 20.000 m <sup>2</sup>	60 - 90 USD/m <sup>2</sup>
Parque Ind. Plaza Industrial de Escobar – Escobar	4.000m <sup>2</sup> - 30.000 m <sup>2</sup>	75 – 90 USD/m <sup>2</sup>

Fuente: (Parque industrial y logístico PARANÁ DE LAS PALMAS, 2021) (Parque industrial COMIRSA, 2021) (Plaza industrial ESCOBAR, 2021). *Elaboración propia.*



Imagen 4-12: Ubicación geográfica de los tres parques industriales elegidos. *Elaboración propia.*

#### 4.3.3.1 Factores internos

Estudiamos la infraestructura y los servicios que ofrece cada parque industrial en particular. En relación con la infraestructura, evaluamos la existencia de un cerco perimetral, la disponibilidad de pavimento, el espacio destinado al estacionamiento de automóviles y camiones, las áreas de servicio para choferes, las playas de carga y descarga, y los salones de usos múltiples. En cuanto a los servicios que brinda cada parque, consideramos la seguridad, el control de acceso, el alumbrado público, la red de gas, la red eléctrica, los desagües pluviales e industriales, el agua corriente y el servicio de telefonía e internet. Además, contemplamos las implementaciones amigables con el medio ambiente que realiza cada complejo.

#### 4.3.3.2 Factores externos

Identificamos los factores que caracterizan el entorno en el que se encuentra localizado cada uno de los parques estudiados. Para ello, analizamos la ubicación del complejo respecto de las principales vías de comunicación de la zona, y en relación con las opciones de transporte público cercano.

Tabla 4-10: Factores externos e internos de los parques industriales seleccionados.				
	SERVICIOS	RAMALLO	ZÁRATE	ESCOBAR
INFRAESTRUCTURA	Cerco perimetral	x	x	x
	Seguridad	-	x	x
	Control de acceso	-	x	x
	Pavimentos	x	x	x
	Playa de espera para camiones	-	x	x
	Desagües pluviales e industriales	x	x	x
	Planta de tratamiento de efluentes	-	-	x
	Alumbrado público	x	x	
SERVICIOS DEL PARQUE	Red de gas	x	x	-
	Red eléctrica	x	x	x
	Red agua potable	x	x	x
	Cloacas	x		x
	Telefonía e Internet	x	x	x
	Punto verde	-	x	x
	Sistema de vigilancia	-	x	
	UBICACIÓN, ACCESOS Y TRANSPORTE	Conexión a principales vías de comunicación	x	x
Transporte público		x	x	x

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.3 Método de puntuaciones ponderadas

Este consiste en ponderar de acuerdo a su importancia los factores que se deben tener en cuenta para la ubicación de la planta, de manera tal que la sumatoria nos arroje como resultado uno. Luego se le asigna una puntuación, en porcentaje, de cada región a cada uno de los factores, representando 100 % la perfección con relación al factor considerado. Estos porcentajes se multiplican después por las ponderaciones correspondientes cuyo resultado da idea del grado de perfección. Finalmente, la sumatoria de los grados de perfeccionamiento de todos los factores para cada región da un valor, el mayor de ellos indica la región más adecuada.

Tabla 4-11: Método de las puntuaciones ponderadas

FACTOR	PONDERACIÓN	RAMALLO		ZÁRATE		ESCOBAR	
		%	GRADO	%	GRADO	%	GRADO
Conexión a principales vías de comunicación	0,35	75	26,2	100	35	80	28
Disponibilidad de mano de obra	0,1	70	7	90	9	80	8
Distancia a los puertos	0,25	80	20	100	25	70	17,5
Costo del terreno	0,1	95	9,5	85	8,5	80	8
Suministro de servicios	0,2	70	14	95	19	90	18
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>76,7</b>		<b>96,5</b>		<b>79,5</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis mediante el método de las puntuaciones ponderadas, se decide localizar la planta en el Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas, ubicado en el partido de Zárate.



Imagen 4-13: Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate.

Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar)

### 4.3.5 Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate

#### 4.3.5.1 Localización estratégica

Se trata de un emprendimiento de 200 ha dotado con infraestructura de primer nivel, ubicado en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Se encuentra en una zona de cota alta, 22 m sobre el Río Paraná de las Palmas, a 2.000 m de las Terminales Portuarias y a 5 km de la Autopista Panamericana, linda con las vías del ferrocarril Mitre con desvío ferroviario de carga de contenedores (Nuevo Central Argentino). Se encuentra a 2.000 m del centro de la ciudad de Zárate (Centro Cívico y Bancos).



Imagen 4-14: Ubicación del Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate. Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar)

#### 4.3.5.2 Accesos

Posee un entorno industrial de alta calidad que le asegura la disponibilidad de insumos industriales, energéticos y de recursos humanos.

Posee acceso desde:

- MERCOSUR: Punto Focal de ingreso a la Mesopotamia a través del puente internacional Zárate-Brazo Largo y conexión directa al Mercosur.
- BUENOS AIRES - LA PLATA: Con acceso inmediato al anillo logístico Ruta AU6 que vincula Zárate con la ciudad de La Plata sin necesidad de penetrar en la Capital Federal y sin peajes.
- NOA - CORDOBA – ROSARIO: Acceso directo al Núcleo agroindustrial y los polos industriales más estratégicos del país.



Imagen 4-15: Vista aérea del Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate. Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar)

#### 4.3.5.3 Infraestructura y servicios

- Accesos internos: En Hormigón de alta resistencia (H30) con cordón y cuneta que permite tránsito pesado.
- Energía eléctrica: Tendido de media tensión en 13,2 kVA suministrado por la cooperativa Eléctrica de Zárate.
- Gas: Disponibilidad de conexión a gasoducto interno, la distribuidora de la zona es Naturgy Argentina.
- Comunicaciones: Acceso a telefonía y datos con fibra óptica.
- Agua: Disponibilidad de agua potable y agua subterránea de alta calidad que ha motivado la radicación de industrias que utilizan este recurso por sus propiedades.
- Beneficios impositivos:
  - Municipales: Derechos de Construcción, ABL, Tasa de Seguridad e Higiene y Vial.
  - Provinciales: Tasa preferencial en Ingresos Brutos, Impuesto Inmobiliario, Sellos, Exención automotores utilitarios (hasta 5 unid.)
- Plan de factibilidad y obras de infraestructura: Aprobadas por la Dirección de Parques Industriales, del Ministerio de Industria de la Provincia de Buenos Aires conforme Ley 13.744 de Parques Industriales.
- Promoción impositiva provincial: Hasta 7,5 años para empresas que se radiquen en Parques Industriales aprobados por decreto.
- Acceso a financiación: La desarrolladora del Parque puede proveer financiación hipotecaria hasta el 50% del valor del lote con plazos y tasas muy favorables en comparación con financiaciones bancarias tradicionales.
- Aduana: El Partido de Zárate dispone de aduana permitiendo a las empresas que trabajan con comercio exterior evitar concentrar estas actividades en otros sitios más lejanos.

- Bancos, bomberos, policía y servicios de salud: Se encuentran en la Ciudad de Zárate a solo minutos del parque industrial.
- Perímetro arbolado: El perímetro del Parque se encuentra totalmente arbolado dando un entorno agradable a la vista y encuadrado en un concepto ecológico.
- Desagües pluviales e industriales: El emprendimiento dispone de desagües pluviales e industriales.
- Luminarias en calles internas: Las principales calles internas están alumbradas.
- Acceso con vigilancia: Puesto de vigilancia en acceso principal al parque industria

#### 4.3.5.4 Plano - Ubicación específica

Se muestra a continuación, el plano del Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas.



Imagen 4-16: Plano del Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate.

Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar)

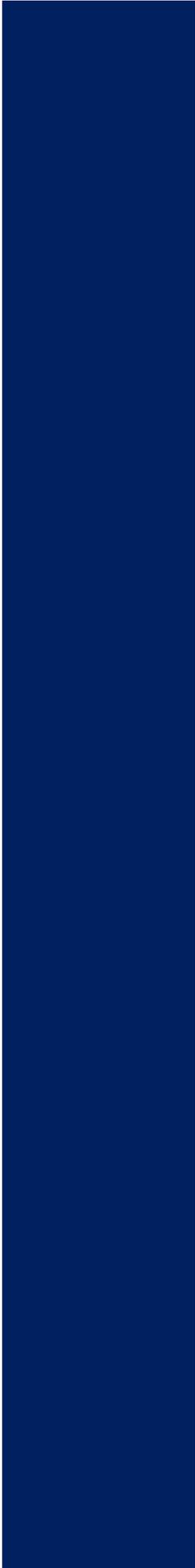
Se escoge como emplazamiento óptimo para la localización los lotes 25 y 26, pertenecientes a la zona “ETAPA 1”. Se resalta en rojo en la imagen 4-17.



Imagen 4-17: Localización específica, lotes 25 y 26, zona “ETAPA 2”, Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate. Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar) .

# CAPÍTULO V

## CAPACIDAD DE LA PLANTA



## **CAPÍTULO V: CAPACIDAD DE LA PLANTA**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En el desarrollo del presente capítulo se determina la capacidad del emplazamiento industrial en función al volumen de producción en un determinado periodo de tiempo. Este aspecto es uno de los fundamentales en el desarrollo del proyecto.

Hay varios factores económicos y no económicos que influyen en el tamaño de una industria. La importancia relativa de los factores varía, por ejemplo, con los productos fabricados y la industria en la que opera la empresa.

Se deben tener en cuenta la disponibilidad de materias primas, calidad y cantidad de mano de obra disponible, nivel de la tecnología necesaria disponible, regulaciones gubernamentales, el financiamiento, grado de complejidad de las instalaciones, entre otros. Establecer el tamaño del proyecto posibilita estimar el monto de las inversiones y el nivel de operación que, posteriormente, permitirán cuantificar los costos de funcionamiento y los ingresos proyectados.

### **5.2 DEMANDA DE ACETATO DE N-BUTILO**

La proyección de la demanda, es el procedimiento más importante para tomar decisiones en todo tipo de proyecto, ya que, lo que se trata de predecir son las posibles cantidades que los consumidores estarán dispuestos a adquirir del bien proyectado.

El objetivo de este análisis, es el de estimar el comportamiento de la demanda futura a partir de la demanda actual y pasada del producto en cuestión, de sus competidores y sustitutos según sea relevante. Es decir, se busca mostrar si existe una necesidad que puede ser satisfecha por el bien y cuáles son los factores que afectan su demanda.

El mercado a cubrir por este proyecto corresponde a un 70% de la demanda de Argentina y un 35% de la de Brasil. La estimación y proyección se realizó en el capítulo III, haciendo uso del modelo de regresión. Este consiste en ajustar una función entre las cantidades demandadas para un cierto número de periodos y estimar la demanda futura de acuerdo a la tendencia mostrada por la función.

Se muestra a continuación los valores de la demanda a cubrir de acetato de n-butilo proyectada a 10 años. Tal como se mencionó con anterioridad, estas cifras corresponden a la demanda de Argentina sumado al 35% de la demanda de Brasil.

Año	Consumo (Tn/año)
2021	6990,62
2022	7099,84
2023	7209,06
2024	7318,28
2025	7427,5
2026	7536,72
2027	7645,94
2028	7755,16
2029	7864,38
2030	7973,6
2031	8082,82

Fuente: Elaboración propia.

En base a la tabla 5-1, se realiza el gráfico 5-1, en el cual se puede observar con mayor facilidad el incremento de la demanda a cubrir en el periodo comprendido entre los años 2021 – 2031.

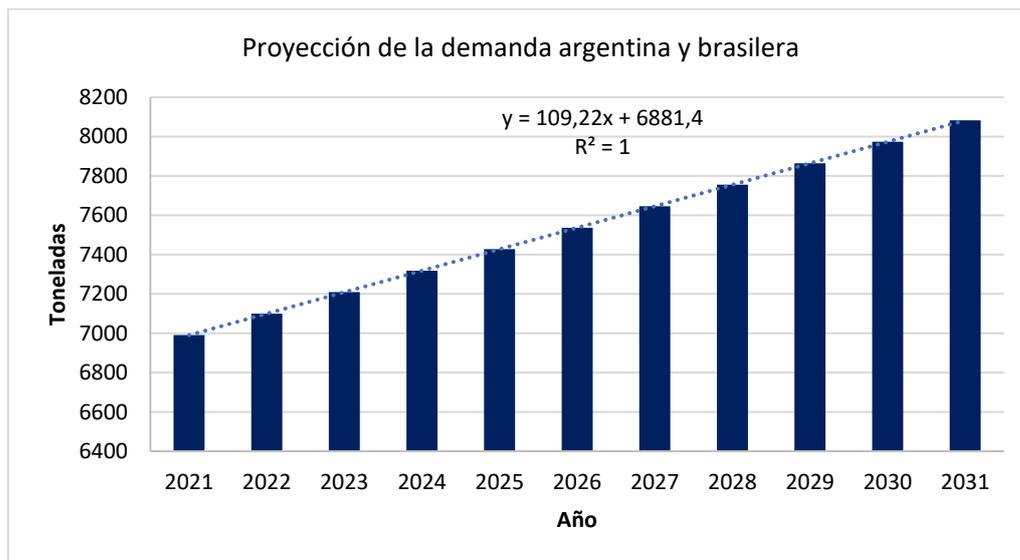


Gráfico 5-1: Proyección de la demanda conjunta de Argentina y Brasil. Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 CALCULO DEL TAMAÑO OPTIMO DEL PROYECTO

La capacidad de producción como el máximo nivel de producción que puede ofrecer una estructura económica determinada: desde una nación hasta una empresa, una máquina o una persona. La capacidad de producción indica qué dimensión debe adoptar la estructura económica, pues si la capacidad es mucho mayor que la producción real estaremos desperdiciando recursos. Lo ideal es que la estructura permita tener una capacidad productiva flexible (minimizando costos fijos e incrementando los variables), que nos permita adaptarnos a variaciones de los niveles de producción. (Sapag Chain & Sapag Chain , 2008)

Mediante la ecuación 5-3, descrita más adelante, se calcula el tamaño óptimo de la demanda a cubrir. Para ello se emplean las ecuaciones 5-1 y 5-2 donde:

R: Desarrollo porcentual de la demanda.

a: Exponente de factor de escala. Valor citado del boletín N 20 – Industrialización y productividad – Este valor es igual a 0.65 para industrias químicas, de alimentos, fármacos, petroquímicas y automovilísticas.

N: Vida útil de los equipos. Se toma N = 10 por convención.

n: Período óptimo.

r: Tasa de crecimiento anual promedio de la demanda. Estimación en tabla 5-2.

A través de la ecuación 5-1 se obtiene implementando un método de aproximaciones sucesivas el valor de n correspondiente al período óptimo.

$$\frac{1}{R^2} = 1 - 2 * a * \left[ \frac{(1-a)}{a} \right] * \left[ \frac{R-1}{R+1} \right]^{N-n} \quad (\text{Ec. 5-1})$$

$$\frac{1}{(1.01462)^2} = 1 - 2 * 0.65 * \left[ \frac{(1 - 0.65)}{0.65} \right] * \left[ \frac{0.01462}{2.01462} \right]^{10-n}$$

$$n = 9.3509 \text{ años}$$

Cabe aclarar que el valor de R fue calculado por la ecuación 5-2. En la tabla 5-2 se detalla la tasa de crecimiento anual por cada año del periodo considerado y la tasa de crecimiento anual promedio.

Tabla 5-2: Estimación de la tasa de crecimiento anual promedio		
Año	Consumo	TCAP
2021	6990,62	
2022	7099,84	0,01562
2023	7209,06	0,01538
2024	7318,28	0,01515
2025	7427,5	0,01492
2026	7536,72	0,01470
2027	7645,94	0,01449
2028	7755,16	0,01428
2029	7864,38	0,01408
2030	7973,6	0,01389
2031	8082,82	0,01370

Fuente: Elaboración propia.

<b>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO (r)</b>	<b>0,01462</b>
---	----------------

$$R = (1 + r) \quad (\text{Ec 5-2})$$

$$R = (1 + 0.01462)$$

$$R = 1.01462$$

Asumiendo que el período óptimo para el que se alcance el máximo desarrollo del mercado es  $n = 9.3509$  y siendo  $r$  la tasa de crecimiento igual a  $0.01462$ , disponiendo de la ecuación 5-3, se calcula el tamaño óptimo del mercado siendo:

$D_n$ : Tamaño óptimo de mercado. Capacidad de producción final.

$D_o$ : Magnitud del mercado actual.

$$D_n = D_o * (1 + r)^n \quad (\text{Ec 5-3})$$

$$D_n = 6990620 \text{ Kg/año} * (1 + 0.01462)^{9.3509}$$

$$D_n = 8006788.08 \text{ Kg/año}$$

# CAPÍTULO VI

## SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



## CAPITULO VI: SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 6.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se procede a llevar a cabo una revisión bibliográfica de los métodos de obtención de acetato de n-butilo, se analizan en detalle y se selecciona aquel que mejor se adapte a los objetivos de este proyecto.

Los disolventes orgánicos, como los ésteres de acetato, son sustancias químicas importantes para muchas industrias. El acetato de n-butilo que tiene baja toxicidad y bajo impacto ambiental, se utiliza en grandes cantidades en pinturas, lacas, industria y fabricación de revestimientos. (E. Sert y F. S. Atalay, 2011)

La producción de ésteres a partir de ácidos carboxílicos y alcoholes es bien conocida desde hace tiempo, y su importancia a nivel industrial radica en sus múltiples y diversas aplicaciones. En particular el acetato de n-butilo, sintetizado a partir de ácido acético y n-butanol, es utilizado como base para lacas, tintas, adhesivos y colorantes, como solvente de pinturas, en la industria de cosméticos y fragancias, etc. (Londoño, 2015)

Se muestra a continuación la reacción de síntesis del acetato de n-butilo.



El acetato se produce mediante una reacción química reversible y ligeramente exotérmica con entalpía de -18,7 kJ (E. Sert y F. S. Atalay, 2011), de ácido acético con butanol, en presencia de un catalizador ácido. Además del acetato, el agua es otro producto, como se muestra en la Ecuación 6-1. Su estructura es el resultado de reemplazar el hidrógeno del hidroxilo del ácido acético con el grupo butilo del butanol.

La esterificación, activada por la autoprotólisis del ácido carboxílico, es una reacción reversible, y se verifica sin la presencia de catalizadores de forma extremadamente lenta; por tal razón, es promovida con el uso de catalizadores ácidos homogéneos (óleum, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico) o heterogéneos (resinas de intercambio, zeolitas, óxidos metálicos, heteropoliácidos), los cuales actúan como donadores de protones. (Baba, T. y Ono, Y, 2001)

Para evitar las limitaciones del equilibrio, se han utilizado diversos métodos, tales como el aumento de compatibilidad entre los reactantes (mayor temperatura, uso de agentes de actividad superficial y/o solvente), el uso de exceso de alguno de los reactivos, y la remoción selectiva de los productos. (Anasthas, H. y Gaikar, V, 2001)

### 6.2 PRINCIPALES MÉTODOS DE OBTENCIÓN

Los principales métodos de obtención de acetato de n-butilo se distinguen por el modo de funcionamiento y son:

- Producción de acetato de n-butilo y metanol por reacción de transesterificación mediante un proceso de destilación convencional.
- Producción de acetato de n-butilo por esterificación directa empleando un reactor y destilación convencional.
- Producción de acetato de n-butilo por reacción de esterificación directa mediante destilación reactiva.

- I. Con uso de pre-reactor.
- II. Sin uso de pre-reactor.

### 6.2.1 Transesterificación de acetato de n-butilo y metanol

En líneas generales, incluye un reactor del tipo mezcla completa acoplado a un tren de destilación de 3 columnas. El proceso está diseñado para la obtención de metanol y acetato de n-butilo de forma simultánea a partir de acetato de metilo y butanol. Dichas materias primas, no son las descriptas en el capítulo II.

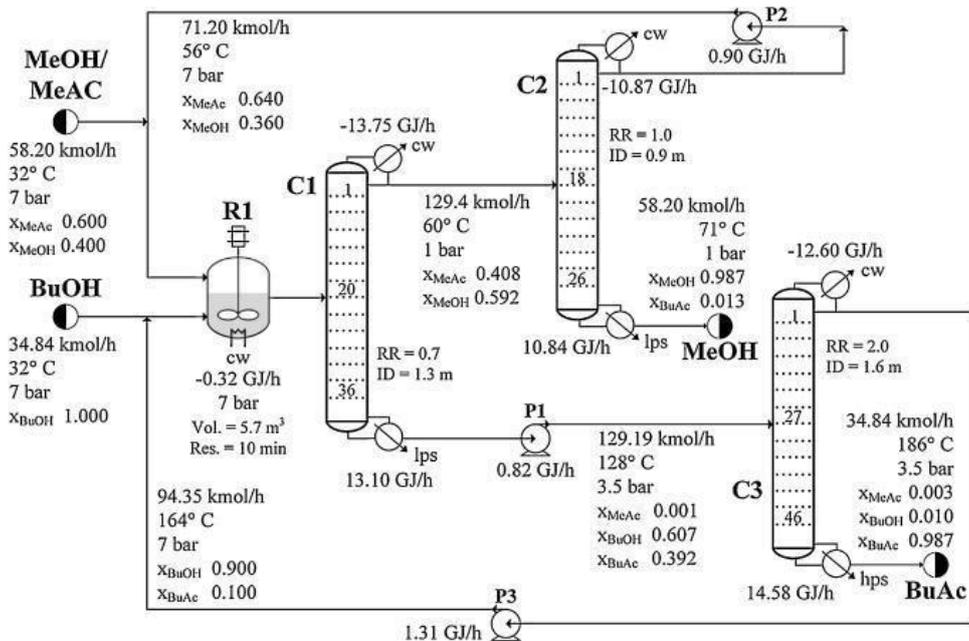


Imagen 6-1: Diagrama de flujo obtención de acetato de n-butilo y metanol. Fuente: Jimenez, L.; Costa-Lopez, J. The production of butyl acetate and methanol via reactive and extractive distillation. II. Process modeling, dynamic simulation and control strategy. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2002.

En el gráfico 6-1 se observa el proceso convencional. Se observa que con 35 kmol/h de BuOH (n-Butanol) y 58.2 kmol/h de una mezcla de MeOH (metanol) y MeAc (acetato de metilo) se obtienen 34.38 kmol/h de BuOAc (acetato de n-butilo) mediante una reacción de transesterificación. El tren de destilación, compuesto por 3 columnas, tiene por objetivo, además de separar los productos, la recuperación de los reactivos que no han reaccionado para ser recirculados con alimentación fresca al reactor.

Independientemente de la obtención de un producto secundario que no representa interés, los costos de operaciones en un proceso que contempla 3 columnas de destilación son muy elevados si consideramos costos energéticos y costo de inversión inicial.

### 6.2.2 Esterificación directa de acetato de n-butilo por destilación tradicional

En este proceso entre las opciones, en la reacción, no existe toda el agua necesaria para destilar el acetato de butilo, por lo tanto, es necesario adicionar agua y esto repercute en que aumenta el volumen de agua como efluente del proceso. La reacción genera una mezcla azeotrópica que debe ser separada en diferentes columnas de destilación para obtener de la manera más pura el producto deseado, es decir, el acetato de butilo. Además de esto, es necesario incorporar corrientes de recirculación que permitan la recuperación al reactor del

reactivo que no reaccionó, mientras el acetato de butilo es obtenido por los fondos de la columna de destilación.

Este método cuenta con una gran desventaja y es el gran consumo energético por parte de las columnas de destilación, debido al aumento de agua que se debe adicionar y también a la difícil purificación del producto.

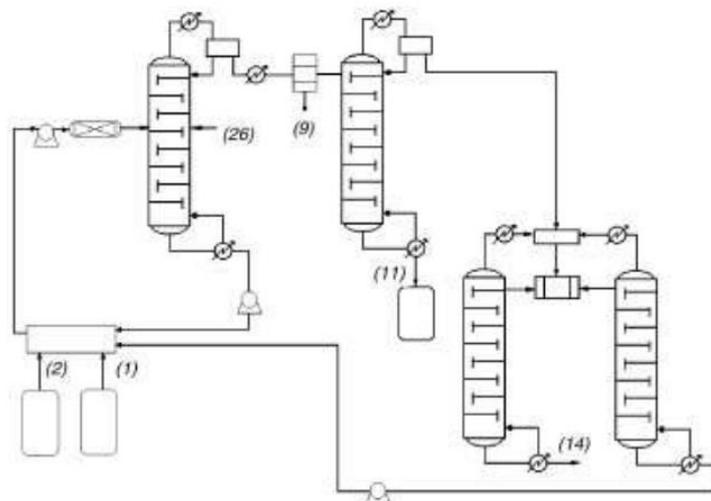


Imagen 6-2: Proceso de obtención de acetato de n-butilo por reactor y destilación convencional. Fuente: Evaluación de tecnologías para la obtención de acetato de n-butilo. Giraldo Ortegón 2020.

La producción tradicional de acetato de n-butilo tiene los problemas de una baja tasa de conversión de equilibrio y un alto consumo de energía de separación y purificación del producto. En este la reacción química y la destilación se realizan secuencialmente para obtener productos purificados.

En este capítulo se hace énfasis en la Destilación reactiva y las variantes del proceso dentro de esta.

Gran parte del consumo de energía de la industria química se concentra en los procesos de separación, que representan aproximadamente el 40% de toda la energía utilizada. La mayor parte de la energía se consume en las operaciones de destilación. (HARVEY, 2010)

### 6.2.3 Esterificación directa de acetato de n-butilo de mediante destilación reactiva

Una alternativa para reducir el consumo de energía que involucra directamente la operación de destilación es la destilación reactiva. A diferencia de la estructura convencional, en esta configuración ambos están integrados en una unidad. (Kienle y Achim, 2002)

Se obtienen algunas ventajas, como se describe a continuación:

- Mejoras en la selectividad, al reducir el uso de materias primas y la formación de productos secundarios.
- Mejoras durante la separación, superando azeótropos o proporcionando condiciones para la reacción de contaminantes.
- Mayor conversión, debido a la eliminación continua de productos, cambiando el equilibrio de la reacción.

– Uso efectivo del calor de reacción. Para reacciones exotérmicas, el calor liberado contribuye a la vaporización de los componentes.

Además del consumo de energía, el capital de inversión también se reduce debido al menor número de equipos. (SAKUTH, M.; REUSCH, D.; JANOWSKY, R, 2008)

### 6.3 DESTILACIÓN REACTIVA

La ingeniería química se ocupa de la conversión de materia prima en productos mediante un proceso unitario químico u operaciones unitarias. La fabricación de diversos productos químicos como ésteres y éteres requieren de un reactor seguido de un separador, como una unidad de destilación, para separar el producto requerido de otros constituyentes sobre la base de la volatilidad relativa. Hay varias restricciones en este tipo de procesamiento, como más espacio requerido para la instalación de la unidad, mayor costo, mayor requerimiento de entrada de energía y selectividad reducida. Específicamente, los límites de conversión para reacciones reversibles son difíciles de superar hacia la mayor pureza del producto porque una vez que se alcanza el equilibrio en el sistema, no se convertirá más reactivo en productos. En vista de todas estas limitaciones, la destilación reactiva surgió como una técnica novedosa de intensificación del proceso en la que la reacción y la separación del producto tienen lugar simultáneamente en una sola columna.

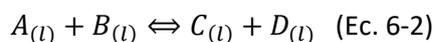
El uso de la destilación reactiva, a veces llamado destilación catalítica cuando se usan catalizadores heterogéneos, a nivel comercial se registró por primera vez alrededor de 1860, para el proceso de recuperación de amoníaco Solvay. Esta metodología alcanzó una mayor relevancia durante la década de 1980, cuando surgió una gran demanda para la producción de MTBE (metil terc-butil éter). (SAKUTH, M.; REUSCH, D.; JANOWSKY, R, 2008)

Unos años más tarde, Eastman Chemical Company se estableció como un caso exitoso en la producción de acetato de metilo, en el que se señaló la reducción del orden de cinco veces en el consumo de energía y la inversión, en comparación con el proceso convencional.

Actualmente hay muchos procesos que usan destilación reactiva para sintetizar compuestos químicos.

#### 6.3.1 Fundamentos teóricos

Sea un sistema que consta de dos especies, A y B, que reaccionan de manera reversible produciendo otras dos especies, C y D, cuya reacción química se produce solo en la fase líquida. Ver ecuación 6-2.



Siendo D es el componente menos volátil y C el más volátil. Los reactivos tienen una volatilidad intermedia, siendo B más volátil que A. El orden de volatilidad se muestra en la ecuación 6-3.

$$\alpha_C > \alpha_B > \alpha_A > \alpha_D \quad (\text{Ec. 6-3})$$

Se muestra a continuación un esquema genérico de la destilación reactiva.

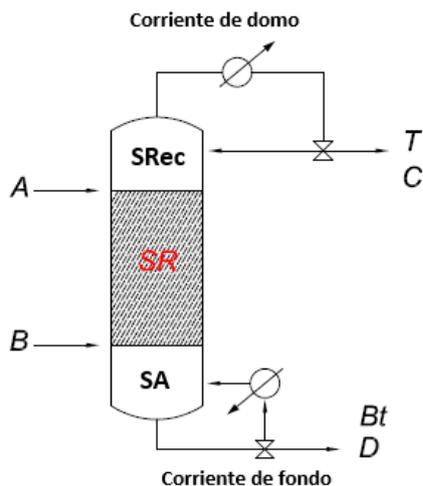


Imagen 6-3: Proceso genérico de la destilación reactiva. Fuente: Luyben e Yu (2008).

Los reactivos se alimentan a la sección reactiva (SR), región sombreada en la imagen 6-2. El reactivo B se alimenta a la última etapa de la SR, y el reactivo A se alimenta a la primera etapa de la SR. Esta configuración ofrece la ventaja de un mayor contacto entre los reactivos a lo largo de la SR, ya que el reactivo más volátil y el menos volátil se alimentan a la parte inferior y superior de la SR, respectivamente.

La especie B, como el reactivo más volátil, tiene un flujo ascendente en la columna y reacciona con el componente A, que es menos volátil y tiene un flujo descendente. A medida que reaccionan, el producto C, que es el componente más volátil, se elimina de la SR como vapor hacia la sección de rectificación identificada por SRec. De manera similar, el producto D, que es el menos volátil, se elimina del SR como un líquido, hacia la sección de agotamiento, identificada por SA.

A medida que los productos se eliminan de la SR, el equilibrio químico se desplaza hacia el lado de los reactivos, lo que lleva al consumo de los reactivos. El producto destilado, originario de la corriente superior y representado por T, consiste principalmente en el componente C. T va al condensador. Cuando se condensa, parte vuelve como reflujo y la otra parte, con alta pureza, se almacena y finaliza en el proceso. (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008)

En varias ocasiones, debido a la formación de azeótropos, el producto superior no es lo suficientemente puro para ser almacenado directamente. Esto requiere la necesidad de más pasos de purificación. Dependiendo de los componentes involucrados, la corriente identificada como T cuando se condensa da como resultado dos fases líquidas, una orgánica y otra acuosa, requiriendo su separación en un decantador. Después de decantar, uno se retira del proceso y el otro vuelve como reflujo a la columna.

El uso del decantador conduce a un cambio en el diseño del proceso, como se muestra en la imagen 6-3. El parámetro de la relación de reflujo dependerá de la cantidad de fases orgánicas y acuosas que se producirán y cuáles serán sometidas a ellas.

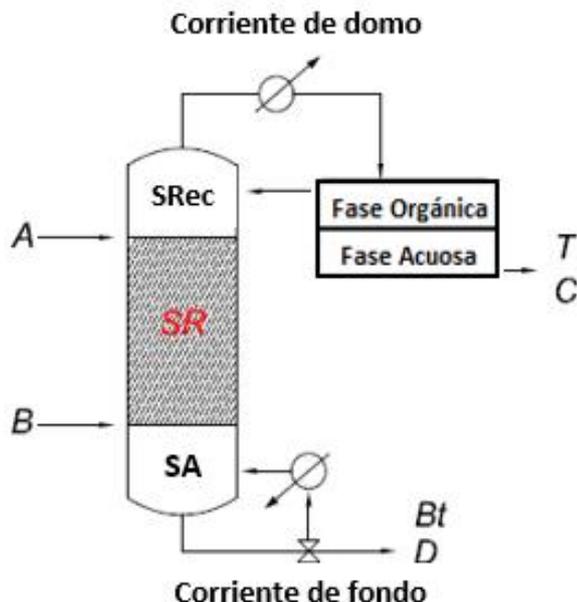


Imagen 6-4: Proceso genérico de destilación reactiva con la formación de azeótropos. Fuente: Adaptado de Luyben e Yu (2008).

De manera similar, el flujo de producto final, identificado por Bt, que se muestra en las imágenes 6-3 y 6-4, va al reboiler. Según la carga térmica intercambiada, parte de esta corriente se reintroduce en la columna y la otra parte se retira del proceso. Dependiendo de la pureza del producto de interés, Bt, se envía a etapas posteriores de purificación o almacenamiento.

### 6.3.2 Parámetros de diseño

El diseño de una columna reactiva requiere que se tengan en cuenta las cantidades físico-químicas y sus influencias. Si bien cada magnitud afecta a cada proceso de una forma particular, algunas deben parametrizarse, entre ellas, las más importantes se presentan en este apartado.

#### 6.3.2.1 Presión

En la destilación común para una mejor separación, se opera una presión que corresponde a altas volatilidades relativas, y para la mayoría de los sistemas esta combinación se logra a bajas presiones. A pesar de esto, la presión debe ajustarse para que sea factible el uso de agua líquida como refrigerante, a fin de obtener un sistema de condensación de menor costo, ya que bajas presiones implican bajas temperaturas en el recipiente de reflujo (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008)El uso de bajas presiones en DR debe analizarse junto con su efecto sobre la cinética de reacción y el equilibrio químico. Si la cinética de la reacción depende en gran medida de la presión, se debe evaluar si la mejora de la separación no conducirá a una reducción de la velocidad de reacción o viceversa.

#### 6.3.2.2 Temperatura

En la destilación reactiva, la temperatura afecta tanto al equilibrio de fases como a la cinética de la reacción. Las bajas temperaturas pueden proporcionar altas volatilidades relativas, pero esto puede resultar en valores pequeños de la constante de velocidad,

ralentizando la reacción química o requiriendo grandes cantidades de catalizadores para lograr la conversión establecida. (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008)

Para reacciones exotérmicas reversibles, si la temperatura es alta, la constante de equilibrio químico comienza a asumir valores muy bajos, lo que hace más difícil mover la reacción hacia el lado de los productos. Además, las altas temperaturas también pueden promover reacciones paralelas indeseables o desestabilizar la estructura del catalizador.

La imagen 6-5 se muestra el perfil de temperatura en una columna reactiva. Se observa que en la sección reactiva hay un aumento de temperatura, es decir, un cambio en la dirección que siguió el perfil. Esto significa que la reacción es exotérmica y el calor liberado en la reacción contribuye al aumento de temperatura a lo largo de la columna.

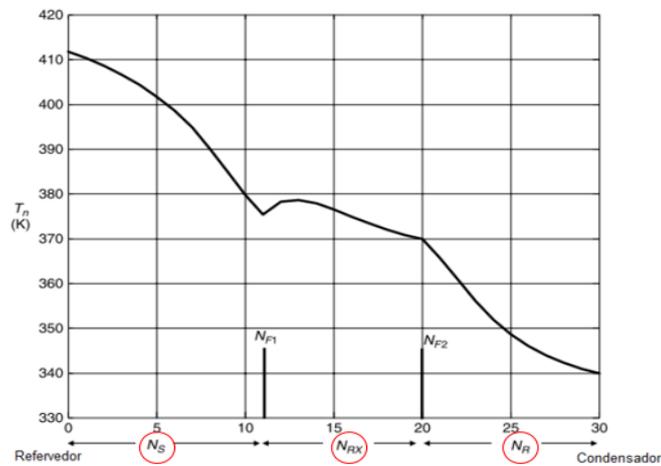


Imagen 6-5: Perfiles de temperatura a lo largo de una hipotética columna de destilación reactiva. Los símbolos  $N_S$ ,  $N_{RX}$  y  $N_R$  representan las secciones de agotamiento, reacción y rectificación, respectivamente. Fuente: Adaptado de Luyben e Yu (2008).

Además de los parámetros antes mencionados, también se deben considerar:

- Masa de catalizador.
- Etapa o etapas en las que se introducen las corrientes de reactivos.
- Número de etapas en cada sección.
- Relación de reflujo y carga térmica del reboiler.
- Composición de los productos y conversión del reactivo utilizado como referencia.

### 6.3.3 Limitaciones en la aplicación de la DR

#### 3.3.3.1 Desajuste de presión y temperatura

En los diagramas de flujo multifuncionales, los reactores están diseñados para operar a la temperatura y presión más favorables a la cinética química impuesta. En las columnas de destilación ocurre lo mismo, para favorecer las condiciones de separación. Sin embargo, en DR ambas operaciones se realizan en el mismo equipo, por lo que en cada etapa el balance líquido-vapor y la reacción se encuentran a la misma temperatura y presión, por lo que se requiere que la operación ocurra en condiciones que satisfagan mutuamente ambos parámetros. (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008)

### **3.3.3.2 Volatilidades desfavorables**

Esta es la segunda limitación más grande para DR. El componente de interés puede tener una volatilidad intermedia. Los reactivos pueden presentar volatilidades máximas y/o mínimas, provocando que su constitución en las corrientes de salida sea elevada y reduciendo drásticamente la pureza de los componentes de interés. (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008)

### **3.3.3.3 Reacciones de baja velocidad**

Las constantes de velocidad deben ser razonablemente altas. Si las constantes son bajas, el atraco de las etapas reactivas y el número de estas etapas se vuelven muy grandes, haciendo inviable el proyecto.

La DR debe estar limitada para las reacciones que ocurren en el equilibrio líquido-vapor, los sistemas puramente en la fase de vapor no son viables en términos de tiempo de residencia y rendimiento. Además, las reacciones no pueden ser muy exotérmicas.

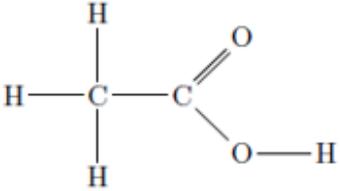
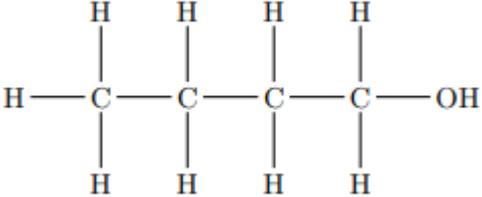
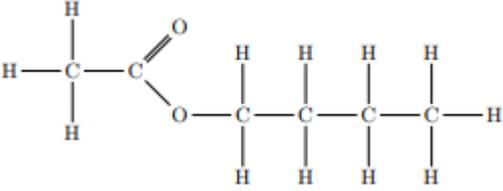
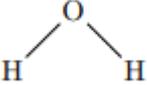
Habrán cambios importantes en los flujos de líquido y vapor a través de las etapas, o algunas etapas pueden estar completamente secas. (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008)

## **6.4 OBTENCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO MEDIANTE DESTILACIÓN REACTIVA**

### **6.4.1 Síntesis del acetato de n-butilo. Mecanismo de Reacción**

La esterificación, activada por la autoprotólisis del ácido carboxílico, es una reacción reversible y se verifica sin la presencia de catalizadores de forma extremadamente lenta, por tal razón, es promovida con el uso de catalizadores ácidos homogéneos o heterogéneos. Para sobrepasar las limitaciones del equilibrio químico, convencionalmente se recurre a afectar variables del proceso tales como el uso de exceso de reactantes, la remoción selectiva de los productos, el aumento de la temperatura, el uso de agentes de actividad superficial, y la admisión de solventes.

Se muestran en la tabla 6-1 las estructuras moleculares de los compuestos involucrados en la obtención de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva.

Tabla 6-1: Estructura molecular de los compuestos involucrados	
NOMBRE	ESTRUCTURA MOLECULAR
Ácido acético	
n-butanol	
Acetato de n-butilo	
Agua	

Fuente: Elaboración propia.

Puesto que la reacción entre el ácido acético y n-butanol es reversible, y la separación se lleva a cabo en un intervalo de temperatura y presión semejantes al de la esterificación, se pueden integrar los procesos de reacción-separación en una columna de Destilación Reactiva (DR). La reacción de esterificación se lleva a cabo favorablemente en fase líquida en el rango de temperaturas 90 - 120 °C y presión inferior a la atmosférica, para evitar la destrucción del catalizador y la formación de 1-buteno, como se encontró experimentalmente.

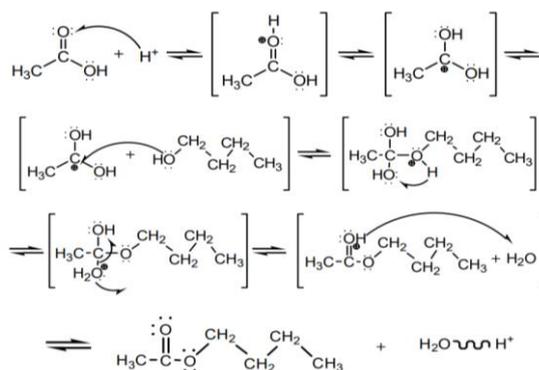


Imagen 6-6: Mecanismo de reacción de esterificación. Fuente: 'Estudio de las condiciones de equilibrio químico en la síntesis de acetato de n-butilo'.

### 6.4.2 Catalizadores

En cuanto al uso de un catalizador, las reacciones de esterificación se aceleran por la presencia de ácidos o álcalis. Sin embargo, la bibliografía muestra que la gran mayoría de la catálisis tiene lugar en presencia de ácidos. El ácido sulfúrico, como catalizador homogéneo, o las resinas de intercambio iónico como catalizador heterogéneo son los más utilizados. El uso de resinas está vinculado al uso de relleno en las columnas DR. Se instalan rellenos desarrollados específicamente para esta aplicación y almacenan las resinas asegurando un contacto adecuado entre la superficie del catalizador y la fase líquida reactiva. Entre las especificaciones, es fundamental una larga vida útil de los catalizadores - aproximadamente 3 años - ya que su sustitución provoca la desactivación de la planta. (SAKUTH, M.; REUSCH, D.; JANOWSKY, R, 2008)

### 6.4.3 Propiedades físico-químicas

Las propiedades físicas de los ésteres dependen de su masa molecular. Los de bajo peso molecular son incoloros, de baja viscosidad, muy volátiles y de olor agradable. A medida que aumenta la masa molecular, la volatilidad disminuye y la viscosidad aumenta, presentando una textura que se refiere a la cera o al estado sólido. (RIEMENSCHNEIDER y W; BOLT, H. M., 2005). El punto de fusión de un éster es generalmente más bajo que el del correspondiente ácido carboxílico. El punto de ebullición depende de la longitud de la cadena de carbono del alcohol correspondiente y puede exceder la del ácido.

Con la excepción de los ésteres de bajo peso molecular, los otros son poco solubles en agua, sin embargo, son muy miscibles en solventes orgánico. El acetato de n-butilo se clasifica como un éster neutro e incoloro con un agradable olor a fruta, tiene un punto de fusión de -73,5 °C, más bajo que el ácido acético que es de 16,7 °C. El punto de ebullición de BuOAc es de 126 °C, similar al de BuOH y HOAc, que son 117,7 °C y 117,9 °C, respectivamente. Su constitución atómica resulta en muy baja solubilidad en agua, 0,7 g de BuOAc en 100 g de agua, cuando se mezcla a 20 °C, además, a esto contribuye su masa molar de 116,16 g/mol, a diferencia de los ésteres más solubles y más ligeros, como el acetato de metilo. (RIEMENSCHNEIDER y W; BOLT, H. M., 2005)

La mezcla de los componentes involucrados en la síntesis de BuOAc conduce a la formación de azeótropos binarios y ternarios. Los azeótropos tienden a aumentar la complejidad de la RD, ya que forman mezclas cuya composición no se puede cambiar solo por su vaporización. Como resultado, se adoptan medidas como el uso de agentes externos o el uso de más columnas para que el proceso alcance las especificaciones de pureza de los componentes.

### 6.4.4 Azeótropos

La gran complejidad que presenta este sistema reaccionante, se evidencia por la existencia de seis azeótropos, de los cuales tres son heterogéneos (ELLV) y los restantes son homogéneos (ELV). La temperatura y composición molar de estos azeótropos, se presenta en la Tabla 6-2.

Notación:

-HOH: Agua

-BuOH: Butanol

-HOAc: Ácido acético

-BuOAc: Butilacetato. Acetato de n- butilo.

-ELLV: Equilibrio líquido-líquido-vapor

-ELV: Equilibrio líquido-vapor

HOAc	BuOH	BuOAc	HOH	Temperatura (°C)
-	-	0,2766	0,7234	91,16
-	0,0895	0,2041	0,7064	90,66
-	0,7004	0,2996	-	116,15
0,46	0,2	0,34	-	121,3
-	0,2334	-	0,7666	92,69
0,4839	0,5161	-	-	122,69

Fuente: Loning (2002) y Cardona (2004)

#### 6.4.5 Consideraciones generales sobre variables de operación

Los estudios realizados sobre DR aplicados a la producción de BuOAc presentan información detallada sobre la influencia de la disposición de los equipos y los parámetros de operación de la columna en el desempeño del proceso. En general para la producción de BuOAc, las columnas DR operan a presión atmosférica, en un rango de temperatura que va de 90°C a 120°C, respetando los límites superiores de estabilidad térmica de los catalizadores, que son de 120°C a 130°C. Cuando se usa el pre-reactor, su temperatura de operación está en un rango de 50°C a 85°C y bajo presión atmosférica. (GANGADWALA, J.; MANKAR, S.; MAHAJANI, S.; KIENLE A.; STEIN, E., 2003)

#### 6.4.6 Destilación reactiva con uso de pre-reactor

Las prácticas consideradas convencionales se distinguen por el modo de funcionamiento. Algunos usan un reactor como primera etapa, llamada etapa de pre-reacción, y luego envían el producto de reacción, parcialmente convertido y en equilibrio, a la columna DR. La imagen 6-7 muestra el uso del pre-reactor. Se carga con catalizador y con los reactivos. Se utilizan reactores de lecho fijo. (HANIKA J.; KOLENA, J.; SMEJKAL Q, 1999) Los reactivos logran conversiones cercanas al equilibrio químico, por lo que la corriente de salida del reactor contiene una mezcla de productos y reactivos. Esta mezcla se envía a la columna, donde los reactivos alcanzan conversiones cercanas al 100%.

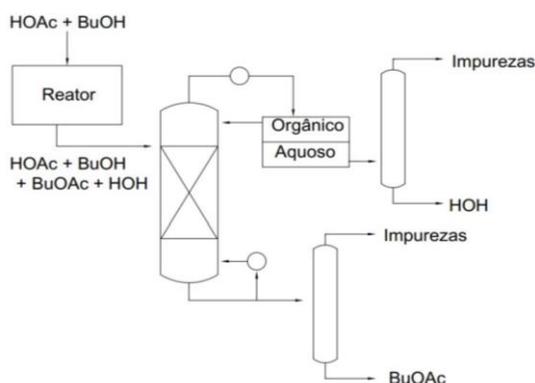


Imagen 6-7: DR con uso de un pre-reactor. Fuente: Producción de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva. Autor: Valter Bravim Junior.

#### 6.4.7 Destilación reactiva sin uso de pre-reactor

En esta configuración es donde se lleva a cabo toda la reacción química y la separación dentro de la columna, eliminando el uso del reactor. En la Figura 6-8 los reactivos se introducen directamente en la columna DR, por lo que la reacción directa se produce en su mayor intensidad, ya que no hay productos en la alimentación, y estos se retiran de la sección reactiva a medida que se forman.

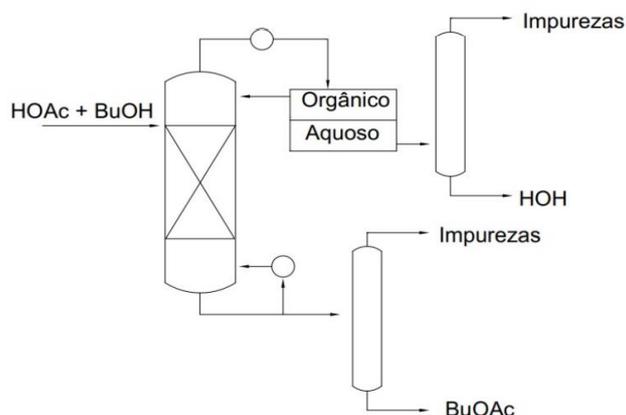


Imagen 6-8: DR sin uso de pre-reactor. Fuente: Producción de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva. Autor: Valter Bravim Junior.

En las dos configuraciones, los reactivos se alimentan en una sola corriente y en la parte superior de la sección reactiva. Esta posición se considera la mejor posición debido a la proximidad de sus puntos de ebullición. Lo que resulta en la distribución adecuada de los conductores en la columna, que les permite concentrarse en toda la sección. La elección entre las dos configuraciones se basa en la pureza final de BuOAc, los costos operativos y los costos de capital. (CHO, M.; JO, S.; KIM, G.; HAN, M., 2014)

Debido a las diferentes volatilidades, las corrientes de fondo y destilado se componen principalmente de agua y BuOAc, respectivamente. Sin embargo, debido a la presencia de azeótropos y posibles reactivos no convergentes, ambas corrientes tienen impurezas. La corriente de destilado después de la condensación se envía a un decantador que lo divide en una fase acuosa y otra orgánica, con un sistema de dos fases líquidas. La fase acuosa que consiste principalmente en agua se envía para purificación. La fase orgánica compuesta principalmente por BuOAc se calienta a reflujo en la columna. La corriente inferior también se envía para purificación. (CHO, M.; JO, S.; KIM, G.; HAN, M., 2014)

#### 6.5 ANTECEDENTES EN LA PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO MEDIANTE DR

A lo largo de los últimos años, a los fines de encontrar una respuesta que implique a la destilación reactiva como proceso óptimo o como una alternativa mejor que la destilación convencional, se han implementado simulaciones de la obtención de acetato de n-butilo por la DR. Con el objetivo principal de ver cuáles son los efectos de modificar variables de proceso se recopilan en la tabla 6-3 la información que detalla las simulaciones que involucran las principales variables de operación, sus modificaciones y las consecuencias que producen. Todos los autores han implementado Aspen Plus como simulador.

Cabe destacar que las observaciones realizadas no son cuantitativas. No se expresan cantidades concretas ni valores determinados.

Tabla 6-3: Análisis y resultados de las simulaciones realizadas en los últimos años		
Autores - Año	Consideraciones e hipótesis	Resultados y conclusiones
1999 - Hanika, Kolena y Smejkal	Se adoptó un modelo matemático con las hipótesis de equilibrio químico y equilibrio líquido-vapor en todas las etapas. Columna funcionando a presión atmosférica sin considerar caída de presión. Se asume un ligero exceso molar de BuOH en la corriente de alimentación pura y las dos configuraciones de uso de pre-reactor.	Las mayores conversiones se logran a menores caudales másicos, con un rango de flujo más extenso para el uso del pre-reactor. La pureza del BuOAc en función de $D/F^3$ fue mayor respecto a la ausencia del pre-reactor debido a un mejor agotamiento de las fracciones de HOAc.
2002 - Steinigeweg y Gmehling	Empleando el método de propiedad UNIQUAC, el modelo de RadFrac y adoptando la conversión de BuOH para evaluar el rendimiento de la DR, los parámetros operativos variados fueron, presión en la columna, carga térmica del rehervidor, flujo y posición de la corriente de suministro en la sección reactiva y número de etapas reactivas.	La variación en la presión en la columna no fue posible por el límite térmico del catalizador. La alimentación de los reactivos, en equilibrio, en la parte superior de la SR produjo altas conversiones y requirió las cargas térmicas más bajas del reactivo para las dos configuraciones. Con el uso de pre-reactor se requirieron menos etapas reactivas para lograr altas conversiones. En ambas configuraciones se observa que los flujos de alimentación más bajos requieren menos etapas reactivas.
2005 - Singh y Col	Se simula solo la configuración con uso de pre-reactor. Se adopta modelo matemático dinámico basado en etapas de equilibrio que consideró el método de propiedad UNIQUAC. Se plantea además de la simulación, un modelo experimental. Cada etapa representó un reactor tipo CSTR, la separación de fases líquidas se tuvo en cuenta solo en el decantador, la retención de líquido fue constante para cada etapa, la retención de vapor fue insignificante, la caída de presión a lo largo de la columna fue insignificante. Se variaron los siguientes parámetros	Los resultados experimentales y computacionales mostraron un acuerdo razonable. Se observó que, con cargas térmicas bajas, la conversión y la pureza eran bajas. A altas cargas térmicas, velocidades de flujo más bajas en la corriente de alimentación, una alimentación realizada en la parte superior de la SR de la columna y proporciones molares cercanas a la unidad dieron como resultado los valores más altos de conversión y pureza. Se verificó en las dimensiones de la columna estudiada que tres etapas reactivas eran necesarias para un buen desempeño y que la velocidad de reacción era adecuada. En comparación con las etapas

<sup>3</sup> Relación de flujo de destilado respecto al flujo de alimentación a la columna.

	<p>operativos: carga térmica del rehervidor, flujo y posición de la corriente de suministro en la sección reactiva, además de la relación molar entre BuOH y HOAc también en la corriente de suministro.</p>	<p>reactivas, se observó que eran necesarias ocho etapas no reactivas para garantizar una alta conversión y pureza</p>
<p>2011 - Sert y Atalay</p>	<p>Para el cálculo de los coeficientes de actividad se utilizó el método de propiedad UNIQUAC. Se estudiaron tres configuraciones de alimentación en la sección reactiva. Alimentación única de reactivos en el medio de la columna, BuOH en la parte superior y HOAc en la parte inferior, HOAc en la parte superior y BuOH en la parte inferior. Se variaron los siguientes parámetros operativos: flujo de la corriente de alimentación, relación molar entre BuOH y HOAc en la corriente de alimentación, masa de catalizador y la carga térmica del referente.</p>	<p>Se obtuvo una mayor conversión y pureza para la configuración cuya alimentación consistió en HOAc en la parte superior y BuOH en la parte inferior de la sección reactiva. Los valores más altos de conversión y pureza se encontraron en el menor caudal evaluado, incrementando la masa del catalizador y estableciendo una relación molar de 2. Sin embargo, se acentuó la pérdida de butanol en la fase acuosa, por lo que se indicó como óptima una relación molar de 1.</p>
<p>2014 - Cho y Col</p>	<p>Evaluaron computacionalmente el desempeño de DR en tres configuraciones. Uno de ellos consideró un suministro extra en la columna con un CAE<sup>4</sup>, los demás fueron con y sin pre-reactor. En las simulaciones se utilizaron el método de propiedades UNIQUAC y el modelo RadFrac. Se alimentó ciclohexano a la columna a través de la corriente de reflujo orgánica. Se consideró la presión atmosférica</p>	<p>Se obtuvo como resultado que el aumento de la carga térmica del rehervidor mejoraba el rendimiento. Para lograr los mismos rendimientos, el uso de ciclohexano ha contribuido a reducir el requisito de carga térmica del revoiler. Se concluyó que el uso de CAE resultó en un proceso con alto rendimiento y el menor CTA<sup>5</sup>. Además, esta configuración condujo a bajas temperaturas en la sección reactiva, asegurando una menor degradación del catalizador. Para la configuración de pre-reactor, se encontró un alto rendimiento cuando la alimentación se realizó en la parte superior de la sección reactiva. Para la configuración con CAE se encontró alto rendimiento cuando la alimentación se realizó en la mitad de la sección reactiva.</p>

<sup>4</sup> Componente de arrastre externo

<sup>5</sup> Costo total anual

*Fuente: Producción de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva. Autor: Valter Bravim Junior. Elaboración propia.*

De la misma forma, se propone un análisis cuantitativo de tres configuraciones:

- Una columna de DR con una sola corriente de alimentación.
- Una columna de DR con dos corrientes de alimentación.
- Una columna de DR con implementación de un pre-reactor.

En todas ellas la corriente de tope es separada en un decantador, obteniéndose dos corrientes: una acuosa que abandona la columna y otra orgánica, la cual es recirculada a la columna de DR.

Los resultados bibliográficos obtenidos bajo estas configuraciones se recopilan en la tabla 6-4. Con estos valores se pretende buscar una configuración apropiada.

Tabla 6-4: Comparación de las composiciones de las corrientes				
Fracción	Composición	Configuración 1	Configuración 2	Configuración 3
Fase Orgánica	F (kmol/h)	0,28	0,26	0,255
	$X_{BuOH}$	0,177	0,177	0,15
	$X_{OHAc}$	0,071	0,071	0,047
	$X_{BuOAc}$	0,429	0,429	0,508
	$X_{HOH}$	0,323	0,323	0,295
Fase Acuosa	F (kmol/h)	0,389	0,409	0,414
	$X_{BuOH}$	0,001	0,011	0,006
	$X_{OHAc}$	0	0,041	0,018
	$X_{BuOAc}$	0,001	0,003	0,002
	$X_{HOH}$	0,998	0,945	0,974
Fondos	F (kmol/h)	0,331	0,331	0,331
	$X_{BuOH}$	0,002	0	0
	$X_{OHAc}$	0,013	0,026	0,009
	$X_{BuOAc}$	<b>0,99</b>	<b>0,974</b>	<b>0,99</b>
	$X_{HOH}$	0	0	0,001

*Fuente: Simulación de una columna reactiva para la síntesis de butilacetato (Cardona Alzate, Rincón Santamaría, Muñoz Cuervo, 2016). Elaboración propia.*

## 6.6 DISPOSICIÓN FINAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN

A continuación, se presenta una breve descripción del proceso elegido, desde el almacenamiento de materias primas hasta la obtención del producto final, se brindan los parámetros técnicos básicos y variables de operación en general. No obstante, para ello, se dispone una segmentación de 3 etapas del proceso de producción que reúnen la totalidad de los equipos y operaciones que intervienen. Se puede observar al final del capítulo, el diagrama de flujo adoptado para el proceso.

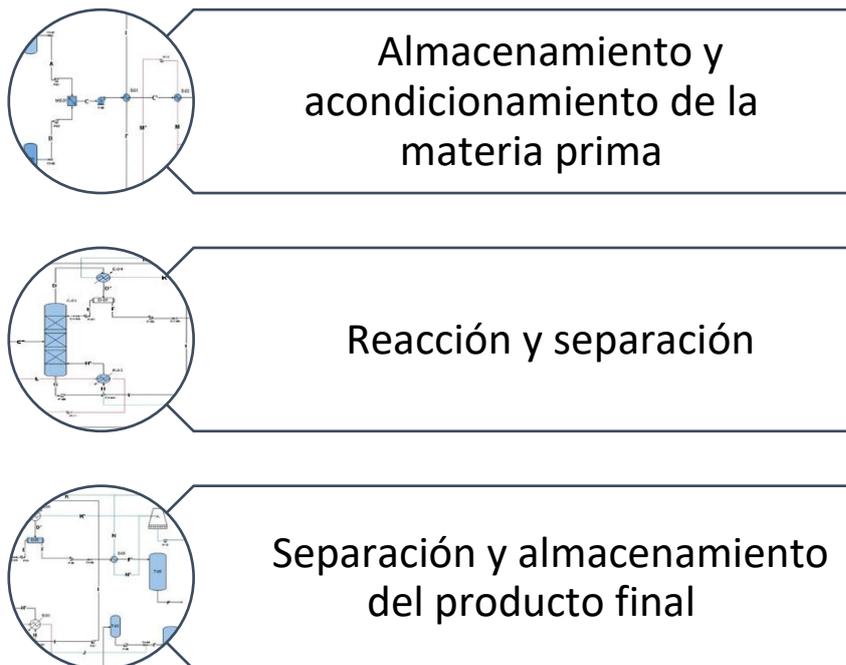


Imagen 6-9: Clasificación de las etapas del proceso de producción. Elaboración propia.

### 6.6.1 Almacenamiento y acondicionamiento de la materia prima

El almacenamiento se dispone en tanques individuales para cada materia prima utilizada y marcan el inicio de la producción. Estos son bombeados inicialmente a un mezclador estático colocado en línea, para luego ingresar a dos intercambiadores de calor, con el objetivo de precalentar y calentar la mezcla de alimentación.

El principal motivo de esto es que los reactivos puedan lograr una temperatura cercana al punto de ebullición, asegurando su ingreso a la columna a una temperatura que puede variar entre 90°C y 110°C. Como todo proceso industrial, la integración energética es muy importante. Es por ello que resulta conveniente recuperar particularmente el calor de la corriente de producto.

El primer intercambio energético se realiza en un intercambiador de placas con la corriente de fondos de la columna de DR, que se obtiene a 126°C. En este punto se eleva la temperatura de la alimentación a 97°C. El segundo intercambio energético se lleva a cabo en un intercambiador de casco y tubos mediante vapor, elevando la temperatura de la alimentación a la columna a 110°C.

Al momento de la puesta en marcha de la planta no se cuenta con la corriente de producto antes mencionadas por tal motivo la totalidad del intercambio de calor se proporcionará mediante vapor de caldera.

Según la bibliografía consultada, con toda la información antes detallada, se desiste del uso de un pre reactor en una etapa previa al ingreso de la corriente a la columna con el propósito de generar un ahorro más en los costos de inversión inicial. Las simulaciones demuestran que la cantidad de etapas que componen la columna es la misma para cuando se implementa o no el pre reactor. Cuando se dispone de un reactor del tipo tanque mezcla perfecta antes, el arreglo modifica la composición de la corriente de ingreso a la torre dado que además de entrar ácido acético y n-butanol, ingresarán también acetato de n-butilo y agua. Los 4 componentes en condiciones de equilibrio. La presencia de productos en el instante de ingreso

puede significar una desaceleración en la velocidad de reacción dentro de la zona reactiva de la columna dado que los productos favorecen la reacción inversa.

De manera contraria, es sumamente favorable que desde el momento cero sólo haya presencia de reactivos dónde en la primera etapa de reacción se vea garantizada la reacción directa y así conseguir una mayor velocidad de reacción.

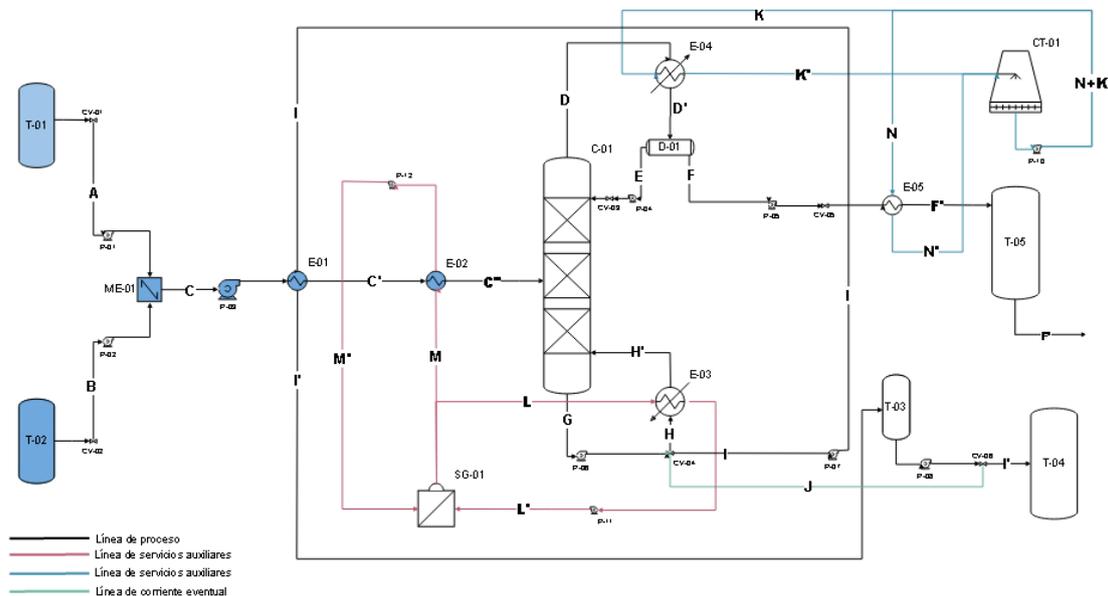
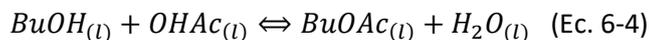


Imagen 6-10: Primera etapa del proceso. Almacenamiento y pretratamiento de la materia prima. Elaboración propia.

### 6.6.2 Reacción y separación

La corriente resultante de la primera etapa ingresa a la zona reactiva de la columna como una sola y única alimentación a 110°C y presión atmosférica, permitiendo el ingreso de la mezcla en estado líquido con una temperatura muy próxima a la correspondiente a su punto de ebullición que es 127,64°C. La columna trabaja bajo presión atmosférica.

La relación molar de los reactivos es 1 a 1 dado los coeficientes estequiométricos de la reacción. Se evidencia que la alta relación molar entre BuOH y AcOH son condiciones para la síntesis de éter dibutilo (DBE). Según Singh et al. (2005), la eterificación de 2 moles de BuOH da como resultado la formación de DBE, y como es deseable que solo haya BuOAc en esta cadena, es importante mantener la relación equimolar de los reactivos.



Cada etapa de la columna implica reacción y separación, por lo que es importante que el balance líquido-vapor y reacción estén en las mismas condiciones de temperatura y presión.

Las condiciones de operación, son sumamente favorables para que la producción de acetato de n-butilo se lleve a cabo por DR. Dado que se produce la reacción y la separación simultáneamente, el equilibrio se va a desplazar constantemente favoreciendo la formación de productos a través de la reacción directa debido a la eliminación de los productos por la separación.

La columna cuenta con 3 zonas. Una zona reactiva, ubicada en el centro, zona de agotamiento, en las cercanías del fondo, donde va a ser retornado el producto principal y por

último una zona de rectificación o zona de enriquecimiento representadas por las primeras etapas de la torre, donde hace ingreso el reflujo de la fase orgánica. Las placas de la columna se definieron como de tipo perforado. Según (William L. Luyben, Cheng-Ching Yu, 2008) este tipo es el más simple entre las placas de flujo cruzado.

Tal como se hace mención con anterioridad, la reacción requiere de un catalizador. Se opta por la utilización de un catalizador heterogéneo, correspondiente a una resina de intercambio iónico. Este punto se detalla en el apartado 6.6.2.1

Los vapores que egresan por el tope de la columna son dirigidos a un condensador con una temperatura inicial del 107°C y salen del mismo en estado líquido a una temperatura final de 86-87°C aproximadamente. El fluido refrigerante en esta etapa proviene de la torre de enfriamiento.

El rehervidor es alimentado con vapor de caldera, siendo este junto al segundo intercambiador (acondicionamiento de materias primas) los únicos puntos del proceso donde se aporta energía.

### 6.6.2.1 Catalizador – Resina de intercambio

En este tipo de reacciones se utiliza comúnmente el ácido sulfúrico, ácido p-toluenosulfónico (PTSA) o ácido clorhídrico, como catalizador homogéneo o resinas de intercambio como catalizador heterogéneo.

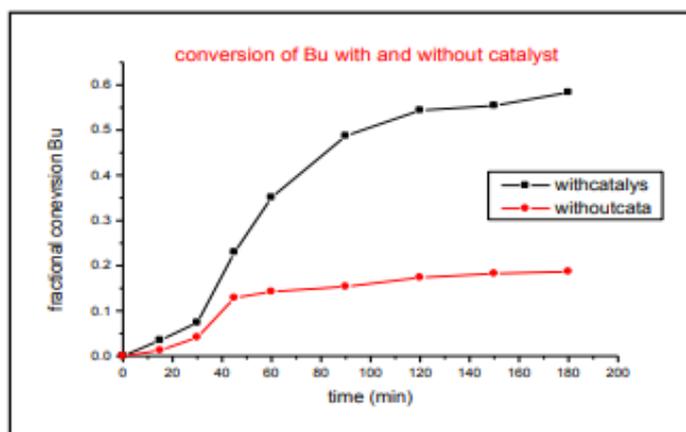


Imagen 6-11: Comparación de la conversión del N-butanol con y sin presencia de catalizador. Fuente: Kinetic Study of Esterification Reaction for the Synthesis of Butyl Acetate. M. A. Suryawanshi a, N. H. Shinde b., R. V. Nagotkar.

Cuando se hace uso de catalizadores homogéneos estos ingresan junto con las materias primas y se obtienen en el fondo de la columna, siendo posteriormente devueltos al proceso. El uso de ácidos tiene un impacto negativo en las áreas del sistema afectadas debido a la corrosión y además la formación de compuestos de sulfato tóxicos que deben eliminarse. El éster obtenido en el fondo de la columna contiene restos de catalizador, lo que implica una etapa extra en la purificación del producto final.

El uso de resinas de intercambio iónico que contienen grupos de ácido sulfónico (-SO<sub>3</sub>H) como catalizadores heterogéneos en reacciones de esterificación es muy relevante. Estas resinas dan resultados similares a los obtenidos con catalizadores ácidos homogéneos, además su uso es ventajoso de varias formas. En particular, a diferencia de los procesos que implican el uso de catalizadores ácidos homogéneos, no hay necesidad de neutralizar el medio. Esto limita

la producción de residuos. Las reacciones secundarias también son limitadas, lo que da como resultado un mayor rendimiento de la reacción y una mayor pureza del producto. La resina es fácil de eliminar del medio de reacción mediante filtración o decantación y puede ser reutilizada sin regeneración, pero también se puede regenerar para su uso posterior. Es posible también mencionar las ventajas asociadas a su manipulación, almacenamiento, y disposición.

Debido a que las resinas son capaces de evitar las desventajas antes mencionadas asociadas a los catalizadores homogéneos, se escogen para el desarrollo del presente proyecto las resinas de intercambio iónico.

Se detalla a continuación la resina escogida como catalizador del proceso en función de aquellas disponibles en el mercado, desempeño y rendimiento.

#### **6.6.2.1.1 Amberlyst 15wet**

Se denomina como un catalizador fuertemente ácido de grado industrial y fue creado exclusivamente para su uso como catalizador. Según su fabricante, la empresa DOW, es una resina polimérica macrorreticular de ácido sulfónico fuertemente ácida basada en copolímeros de estireno divinilbenceno reticulados. Su estructura continua de poros abiertos y su excelente estabilidad física, térmica y química la convierten en la resina de elección en muchas aplicaciones. También posee una mayor resistencia a oxidantes como el cloro, oxígeno y cromatos que la mayoría de las otras resinas poliméricas.

AMBERLYST 15WET puede usarse directamente en sistemas acuosos o en medios orgánicos después de acondicionar con un solvente miscible en agua.

Se utiliza en una amplia variedad de reacciones orgánicas. Tiene el equilibrio óptimo de área superficial, capacidad ácida, actividad y diámetro de poro para convertirlo en el catalizador de elección para reacciones de eterificación, esterificación e hidratación. Su distribución optimizada del tamaño de los poros lo convierte en un excelente catalizador cuando se anticipan incrustaciones.



*Imagen 6-12: Resina AMBERLYST 15. Fuente: The Dow Chemical Company.*

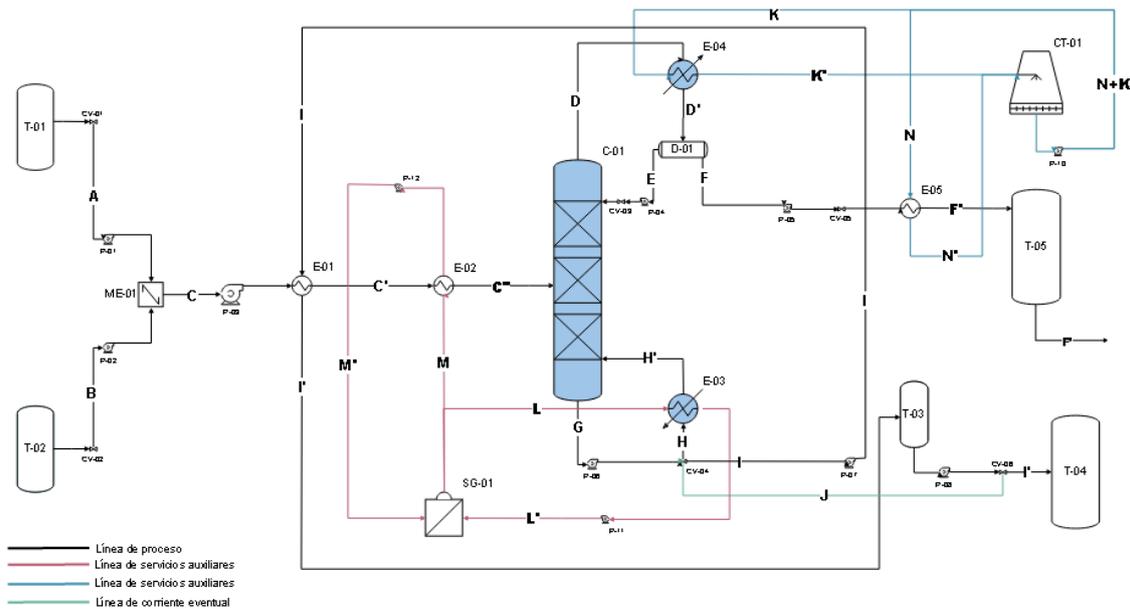


Imagen 6-13: Segunda etapa del proceso. Reacción y separación. Elaboración propia.

### 6.6.3 Separación y almacenamiento del producto final

En esta etapa deben considerarse los azeótropos. Los más influyentes son el ternario mínimo BuOH-BuOAc-HOH y los binarios mínimos BuOAc-HOH y BuOH-HOH, debido a sus bajas temperaturas de formación, que promueven la vaporización indeseable de BuOH y BuOAc. El azeótropo intermedio HOAc-BuOH-BuOAc, puede influir en la corriente de producto de fondo dependiendo de la combinación de número de etapas y distribución de temperatura en la columna. Conceptualmente la composición de la corriente de producto superior es una mezcla de azeótropos.

Esto requiere que, después de la condensación, esta mezcla se decante para que el HOAc-BuOH-BuOAc sea reflujo en la columna y el H<sub>2</sub>O se complete en el proceso. En este sentido, la decantación debe presentar un desempeño satisfactorio. El retorno de H<sub>2</sub>O a la columna es perjudicial para el proceso, ya que este componente es producto de la reacción directa y su presencia en la sección reactiva estimula la reacción inversa. Además, existe la presencia de BuOAc, que en decantación constituye la fase orgánica y tiene el mismo efecto nocivo que H<sub>2</sub>O, pero este actúa como un componente de arrastre interno (formando parte del azeótropo HOAc-BuOH-BuOAc) y reduce la cantidad de BuOH eliminado de la columna.

En resumen, la corriente de tope de la columna luego de ser condensada es dirigida a un decantador. En este se produce la separación por diferencia de densidades entre los líquidos inmiscibles, obteniéndose una fracción compuesta por la fase orgánica, que retorna como reflujo y una fracción acuosa, que es retirada. La relación de reflujo depende de la composición de la corriente de producto superior y de la separación producida en el decantador.

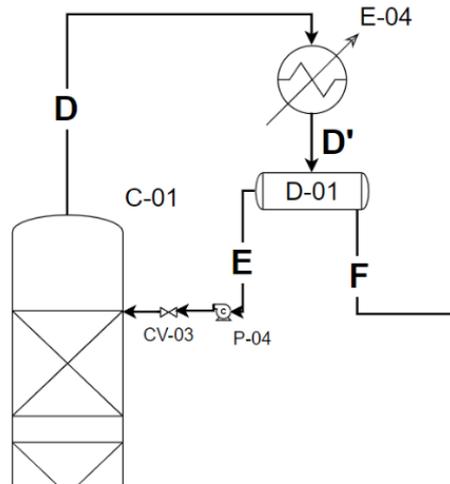


Imagen 6-14: Segunda etapa del proceso. Elaboración propia.

La corriente acuosa compuesta casi en su totalidad por agua (puede contener trazas de compuestos orgánicos) corresponde al efluente de la planta.

Por último, el producto se completa en el fondo de la columna dónde se obtiene la mayor pureza del producto principal. El Acetato de n-butilo egresa de la torre con una concentración del 99% y es dirigido a un tanque de almacenamiento temporal dónde es analizado para ver si cumple las especificaciones. En caso de serlo, sigue su viaje a un tanque de almacenamiento permanente.

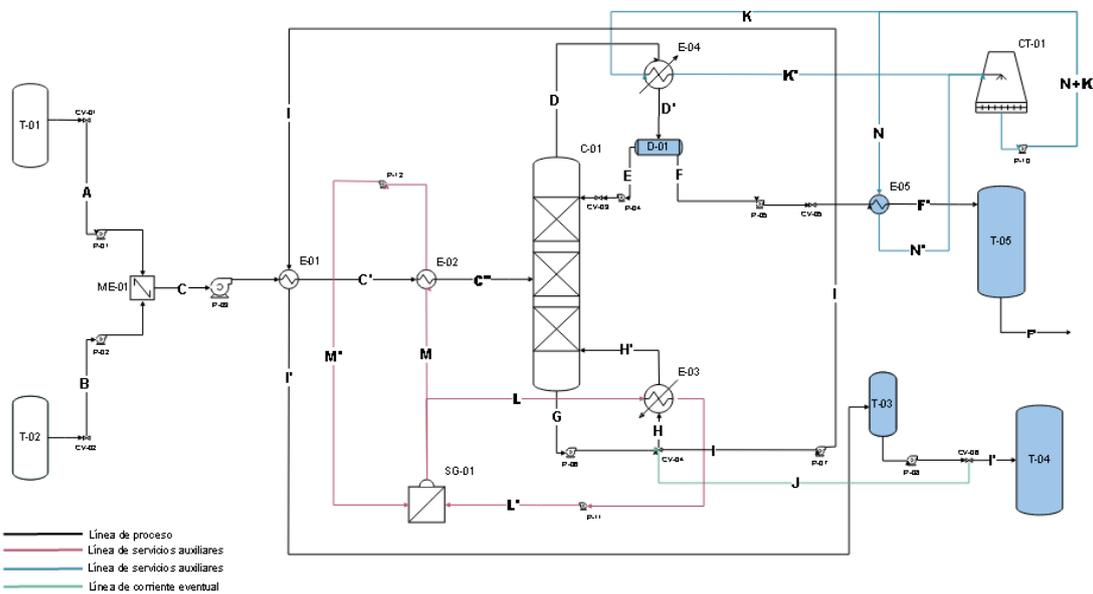


Imagen 6-15: Tercera etapa del proceso. Separación y almacenamiento del producto final. Elaboración propia.

## 6.7 DIAGRAMA DE FLUJO

PROYECTO FINLA DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PORDUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

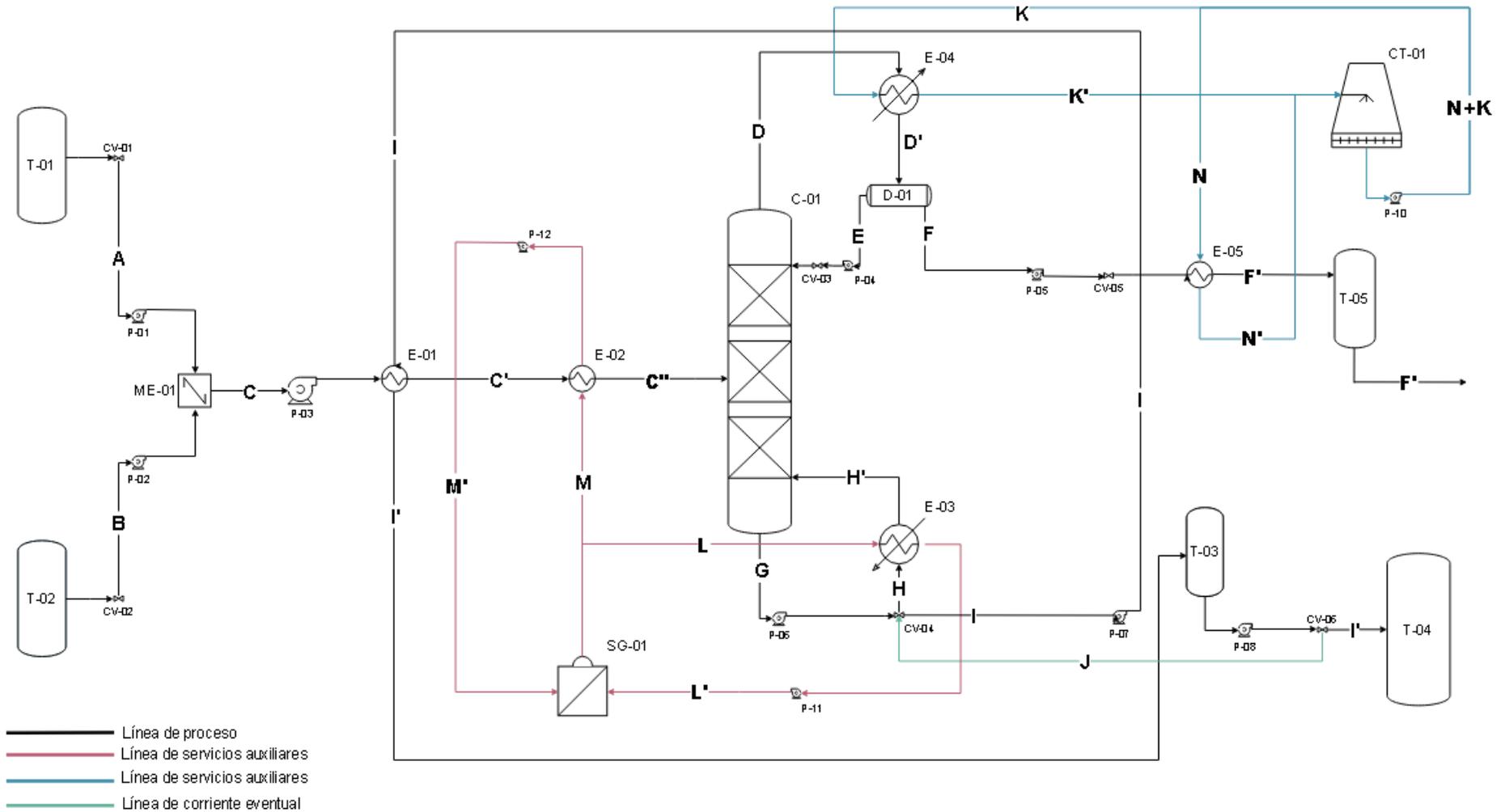


Imagen 6-16: Diagrama de flujo para la producción de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva. Elaboración propia

# CAPÍTULO VII

## BALANCE DE MASA Y ENERGÍA



## CAPITULO VII: BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

### 7.1 INTRODUCCIÓN

La intensificación de procesos (IP) es una estrategia eficaz para lograr una mayor eficiencia energética. IP tiene como objetivo reducir las resistencias de transferencia de masa y calor mientras supera las limitaciones termodinámicas a través del diseño y la operación integrados. En los últimos años, IP ha atraído un interés académico considerable como un medio potencial para la mejora de procesos, para satisfacer las crecientes demandas de producción sostenible. Una variedad de operaciones intensificadas desarrolladas en la academia y la industria crea una gran cantidad de opciones para mejorar potencialmente el desempeño del proceso. Sin embargo, la identificación del conjunto de soluciones factibles para IP en las que se puede encontrar la condición óptima, puede requerir recursos considerables y puede considerarse como una tarea desafiante. (Philip Lutze, Rafiqul Gani, John M. Woodley, 2010)

Uno de los ejemplos más comunes del campo de intensificación de procesos es la destilación reactiva (DR), donde se realiza la integración de reacción y separación. En todos los casos en los que se ha utilizado la destilación reactiva, el coste variable, los gastos de capital y las necesidades energéticas se reducen en un 20% o más, en comparación con la configuración clásica de un reactor seguida de destilación.

Los balances de materia y energía son una de las herramientas más importantes con las que cuenta la ingeniería de procesos y se utilizan para contabilizar los flujos de materia y energía entre un determinado proceso industrial y los alrededores o entre las distintas operaciones que lo integran. Por tanto, los valores obtenidos nos permitirán conocer los caudales másicos de todas las corrientes que intervienen en el proceso, así como las necesidades energéticas del mismo, que en último término se traducirán en los requerimientos de servicios auxiliares, tales como vapor o refrigeración y además en este capítulo, reside la importancia de la obtención de datos necesarios para el diseño y adopción de equipos.

Se empleará información básica y necesaria del capítulo V. La capacidad de producción calculada es la base de datos para el cálculo del balance de masa bajo régimen continuo de producción corresponde a 8000 toneladas anuales. Se establecen 21 días de receso en la producción destinados a mantenimiento.

Se asume una pérdida de producción anual del 2% para la cual los balances correspondientes serán calculados con una producción final sobredimensionada de 8160 t/año para poder compensar dichas pérdidas. La planta operaría de forma continua y de esta forma, se puede garantizar una producción diaria de 23.72 t/diarias.

Producción anual	8160 t/año
Producción diaria	23.72 t/día
Producción horaria	988.37 kg/h

*Fuente: Elaboración propia*

A partir de los resultados de los balances de masa y energía es posible llevar a cabo el dimensionamiento y adopción de los equipos involucrados en el proceso de obtención de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva.

En este apartado se exponen los balances de masa y de energía correspondientes a cada uno de los equipos involucrados en el proceso de producción. A continuación, se presentan los

equipos y la nomenclatura empleada en el cálculo para definir las corrientes másicas y sus componentes.

Para la realización de los balances de masa se tuvieron en cuenta una serie de consideraciones:

- Se parte de la premisa que se opera en estado estacionario, no hay acumulación en el sistema.
- Cada etapa conlleva un rendimiento asignado comparable con la misma etapa en procesos análogos.
- Pérdida global del proceso de 2%.

## **7.2 DIAGRAMA DE FLUJO**

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de todo el proceso. Para el desarrollo de este capítulo se utilizó como software base de simulación CHEMCAD 6.3.1.

PROYECTO FINLA DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PORDUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

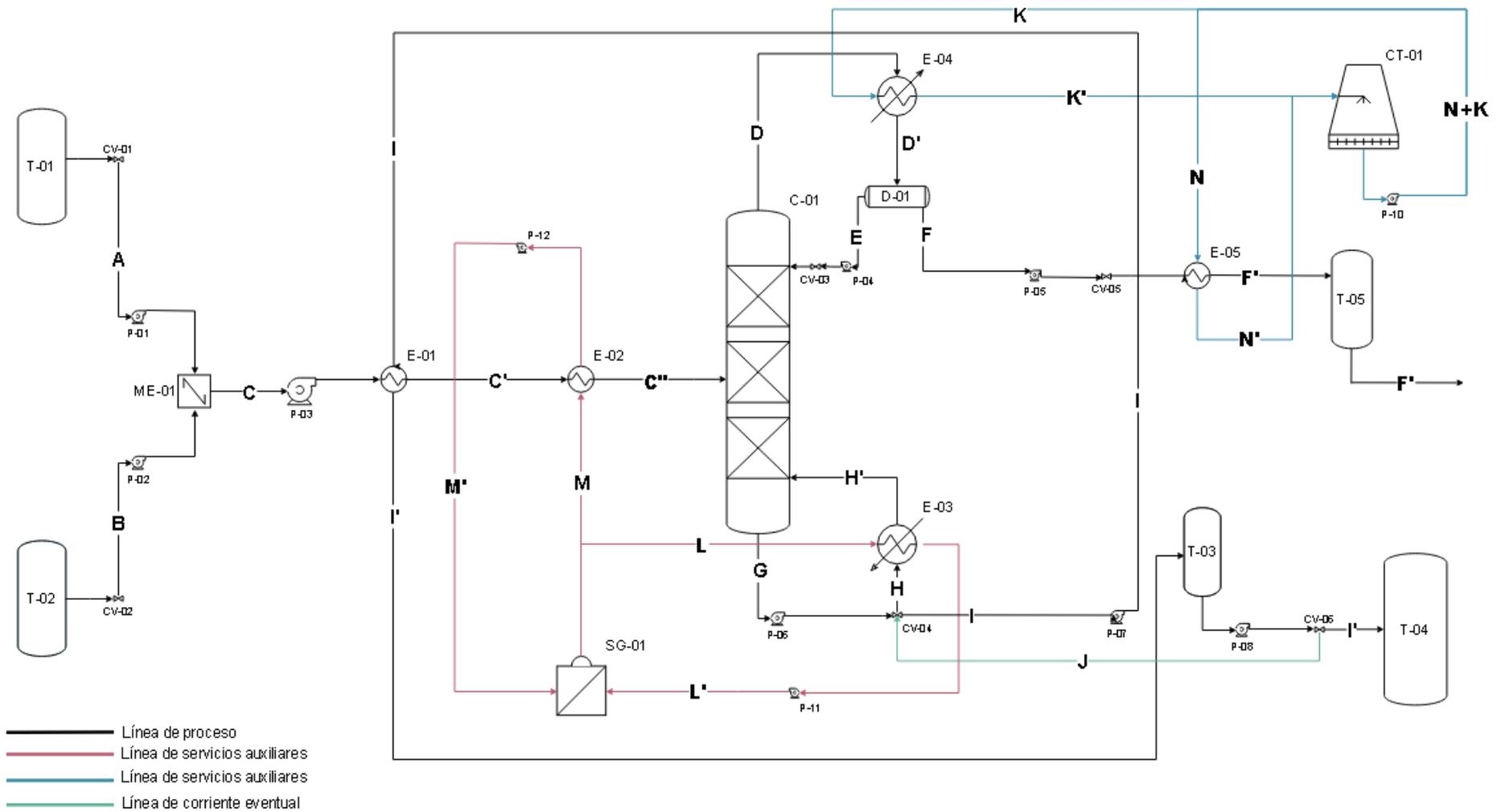


Imagen 7-1: Diagrama de flujo del proceso de obtención de obtención de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se expone en la tabla 7-2 y 7-3 la codificación y función de cada uno de los equipos que integran el proceso productivo.

Tabla 7-2: Equipos, ubicación y función de cada uno				
Primera Etapa: Almacenamiento y acondicionamiento de las materias primas				
Equipo	Cantidad	Tag	Ubicación	Función
Tanques	2	T-01	Primero en línea de producción	Almacenamiento ácido acético
		T-02	Primero en línea de producción	Almacenamiento n-butanol
Mezclador	1	ME-01	Entre (P-01-P-02) y P-03	Mezclar las dos materias primas
Bombas	3	P-01	Entre CV-01 y ME-01	Dosificación de materias primas
		P-02	Entre CV-02 y ME-01	
		P-03	Entre ME-01 y E-01	Impulsión de la corriente de alimentación a través de los intercambiadores hacia la columna
Motores	3	M-01	Sobre P-01	Accionamiento P-01
		M-02	Sobre P-02	Accionamiento P-02
		M-03	Sobre P-03	Accionamiento P-03
Intercambiador	2	E-01	Entre P-03 y E-02	Acondicionamiento térmico de la corriente de alimentación. Integración energética
		E-02	Entre E-01 y C-01	
Válvulas	2	CV-01	Entre T-01 y P-01	Regulación del flujo de dosificación de materias primas y aislamiento preventivo en paradas de planta
		CV-02	Entre T-02 y P-02	
Segunda Etapa: Reacción y separación				
Columna	1	C-01	Entre E-02 y (E-04/P-06)	Conversión de reactivos y separación de productos
Intercambiador	2	E-03	Entre CV-04 y C-1	Rehervidor
		E-04	Entre C-01 y D-01	Condensador
Bombas	2	P-04	Entre D-01 y CV-03	Transporte de reflujo a la columna
		P-06	Entre C-01 y CV-04	
Válvulas	2	CV-03	Entre P-04 y C-01	Regulación de reflujo a zona de rectificación
		CV-04	Entre P-06 y E-03	Regulación del flujo hacia el fondo de la columna y hacia E-02
Motores	2	M-04	Sobre P-04	Accionamiento P-04
		M-06	Sobre P-06	Accionamiento P-06
Tercera Etapa: Separación y almacenamiento de productos				
Decantador	1	D-01	Entre E-04 y (P-04 y P-05)	Separación de fases orgánica y acuosa

Tanques	3	T-03	Entre E-02 y P-08	Tanque de control de especificación en producto final
		T-04	Ultimo en línea de producción	Almacenamiento de producto final
		T-05	Ultimo en línea de producción	Almacenamiento de fase acuosa
Intercambiadores	1	E-05	Entre P-05 y T-05	Enfriamiento de fase acuosa para retorno a torre
Válvulas	1	CV-06	Entre P-08 y T-04	Control de flujo de producto final o fuera de especificación
		CV-05	Entre P-05 y E-05	Control de flujo de fase acuosa
Bombas	3	P-05	Entre D-01 y E-05	Transporte de fase acuosa
		P-07	Entre CV-04 y E-02	Transporte de producto final
		P-08	Entre T-03 y CV-06	Transporte de producto final
Motores	3	M-05	Sobre P-05	Accionamiento P-05
		M-07	Sobre P-07	Accionamiento P-07
		M-08	Sobre P-08	Accionamiento P-08
<b>Servicios Auxiliares</b>				
Generación de vapor	1	SG-01	Fuera de línea de producción	Fuente de energía térmica para rehedidor en columna e intercambiador
Agua de enfriamiento	1	CT-01	Fuera de línea de producción	Fuente de fluido refrigerante en el condensador
Bombas	1	P-10	Entre CT-01 y E-04	Transporte de agua de enfriamiento
		P-11	Entre E-03 y SG-01	Transporte de condensados
		P-12	Entre E-02 y SG-01	Transporte de condensados

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-3: Denominación de todas las corrientes que intervienen en el proceso	
Nomenclatura	Corriente
A	Dosificación de ácido acético
B	Dosificación de n-butanol
C	Mezcla de ácido acético y n-butanol
C'	Mezcla de ácido acético y n-butanol a 97°C
C''	Alimentación a columna DR. Mezcla de ácido acético y n-butanol a 110°C
D	Egreso del tope de la columna. Mezcla de reactivos y productos
D'	Condensados de tope de columna
E	Reflujo de fase orgánica a zona de rectificación
F	Egreso de fase acuosa a 85.9°C.
F'	Fase acuosa a 32°C.
G	Egreso del fondo de la columna
H	Fracción del fondo de la columna retornada a zona de agotamiento
H'	Fracción del fondo de la columna retornada a zona de agotamiento
I	Egreso de producto final a 126°C. Corriente de integración energética
I'	Envío de producto final a 26°C a tanque de especificación
J	Eventual retorno de producto fuera de especificación
K	Línea de servicio auxiliar - Agua de enfriamiento
K'	Retorno de agua de enfriamiento a torre
L	Línea de servicio auxiliar - vapor
L'	Retorno de condensado de vapor a caldera
M	Línea de servicio auxiliar – vapor
M'	Retorno de condensado de vapor a caldera
N	Línea de servicio auxiliar - Agua de enfriamiento
N'	Retorno de agua de enfriamiento a torre
Q	Línea de servicio auxiliar – vapor / Puesta en marcha
Q'	Retorno de condensado de vapor a caldera / Puesta en marcha

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3 BALANCE DE MASA

A continuación, en la tabla 7-4, se especifican las corrientes genéricas del balance global, tomando al proceso como una caja negra. En este apartado se incluirán aquellas etapas y/o equipos que involucren modificaciones en su composición.

Tabla 7-4: Balance global del proceso – caja negra
Balance global
$A + B = I' + F'$

Fuente: Elaboración propia

#### 7.3.1 Mezclador estático – ME-01

En la imagen 7-2 se expone el esquema representativo de la etapa de mezclado, en el cual ingresan las dos materias primas requeridas para el proceso, ácido acético y n-butanol.

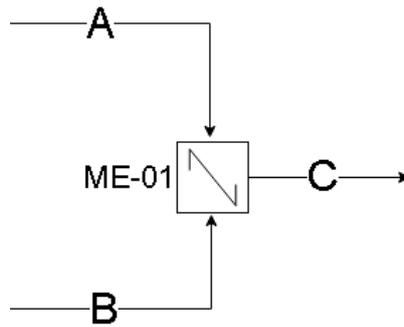


Imagen 7-2: Esquema representativo del mezclador. Fuente: Elaboración propia.

El propósito de realizar un balance de masa parcial y por componentes en este equipo, es conocer la corriente de alimentación y su composición. Ha sido considerada para la realización de los balances por componentes la estequiometría de la reacción, sabiendo de antemano que la corriente debe ser una mezcla equimolar de ambas especies.

A continuación, en las tablas 7-5 y 7-6 se expone el balance total y por componentes correspondientes a esta etapa.

Tabla 7-5: Balance total y por componentes en ME-01		
Mixer ME-01		
Balance total		$A + B = D$
Balance por componente	OHAc	$A * X_{OHAc} + B * X_{OHAc} = C * X_{OHAc}$
	BuOH	$A * X_{BuOH} + B * X_{BuOH} = C * X_{BuOH}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-6: Balance de masa en ME-01					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol)
<b>Corrientes que ingresan al Mixer ME-01</b>					
A	Dosificación de ácido acético	510,930	OHAc	1,000	8,508
			BuOH	0	0
B	Dosificación de butanol	630,638	OHAc	0	0
			BuOH	1,000	8,508
<b>Corriente que egresa del Mixer ME-01</b>					
C	Mezcla de ingreso a la columna	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508

Fuente: Elaboración propia

**7.3.2 Columna de destilación reactiva – C-01**

En la imagen 7-3 se expone el esquema representativo de la etapa de reacción y separación. Ingresan a C-01 la corriente C'', con una fracción equimolar de ácido acético y n-butanol y se sientan las bases del balance en la realización de una caja negra para conocer masa y composición de F e I. Ambas corrientes representan los dos productos de reacción.

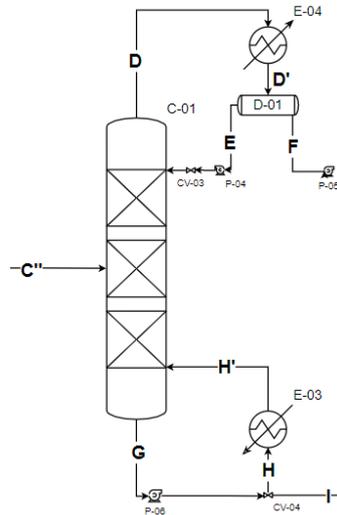


Imagen 7-3: Esquema representativo de la columna de destilación reactiva. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en las tablas 7-7 y 7-8 se expone el balance total y por componentes correspondientes a esta etapa.

Tabla 7-7: Balance total y por componentes en C-01		
Columna C-01		
Balance total		$C'' = F + I$
Balance por componente	OHAc	$C'' * X_{OHAc} = F * X_{OHAc} + I * X_{OHAc}$
	BuOH	$C'' * X_{BuOH} = F * X_{BuOH} + I * X_{BuOH}$
	BuOAc	$C'' * X_{BuOAc} = F * X_{BuOAc} + I * X_{BuOAc}$
	H <sub>2</sub> O	$C'' * X_{H_2O} = F * X_{H_2O} + I * X_{H_2O}$

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta a continuación la reacción que tiene lugar en C-01. Mediante el uso de la destilación reactiva se alcanzan altas conversiones, y este caso se logra una conversión superior al 99% respecto a la conversión del n-butanol. La proporción de los reactantes es equimolar.



El BuOAc se produce mediante una reacción química reversible y ligeramente exotérmica (CHO, M.; JO, S.; KIM, G.; HAN, M., 2014) de ácido acético con n-butanol, en presencia de un catalizador ácido. Además de BuOAc, el agua es otro producto, como se muestra en la ecuación 7-1. Su estructura es el resultado de reemplazar el hidrógeno del hidroxilo del HOAc con el grupo butilo del BuOH. En continuidad, el hidrógeno sustituido en el HOAc se une al grupo hidroxilo restante en BuOH, formando una molécula de H<sub>2</sub>O.

Tabla 7-8: Balance de masa en C-01					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
<b>Corriente que ingresa a la Columna C-01</b>					
C''	Ingreso a la columna	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
<b>Corrientes que egresan de la columna C-01</b>					
F	Egreso de fase acuosa	153,157	OHAc	0	0
			BuOH	0,004	0,032
			BuOAc	0,001	0,007
			H <sub>2</sub> O	0,995	8,326
I	Producto principal final	988,399	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	8,508
			H <sub>2</sub> O	0	0

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3.3 Decantador – D-01

De la misma manera que en los puntos anteriores, se deja el esquema del decantador de fases en la figura 7-4. Ingresan a D-01, la mezcla de líquidos condensados que egresan del condensador, corriente denominada D' para originar E y F. Corriente de fase orgánica y acuosa respectivamente.

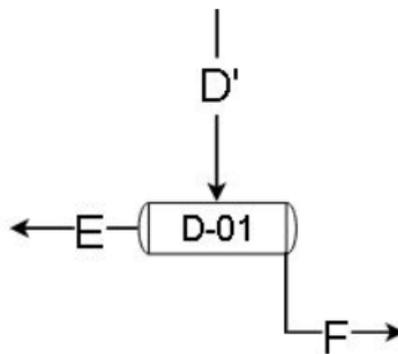


Imagen 7-4: Esquema representativo del decantador o separador de fases. Fuente: Elaboración propia.

Las tablas 7-9 y 7-10 brindan los flujos máxicos y composiciones porcentuales del balance en esta etapa.

Tabla 7-9: Balance total y por componentes en D-01		
Decantador D-01		
Balance total	$D' = G + H$	
Balance por componente	OHAc	$D' * X_{OHAc} = E * X_{OHAc} + F * X_{OHAc}$
	BuOH	$D' * X_{BuOH} = E * X_{BuOH} + F * X_{BuOH}$
	BuOAc	$D' * X_{BuOAc} = E * X_{BuOAc} + F * X_{BuOAc}$
	H <sub>2</sub> O	$D' * X_{H_2O} = E * X_{H_2O} + F * X_{H_2O}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-10: Balance de masa en D-01					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
Corriente que ingresa al decantador D-01					
D'	Condensado de tope de columna	3427.107	OHAc	0	0
			BuOH	0,208	10.012
			BuOAc	0,424	20.387
			H <sub>2</sub> O	0,366	17.586
Corrientes que egresan de la columna C-01					
E	Reflujo de fase orgánica	3273,950	OHAc	0	0
			BuOH	0,253	10,012
			BuOAc	0,516	20,388
			H <sub>2</sub> O	0,229	9,078
F	Egreso de fase acuosa	153,157	OHAc	0	0
			BuOH	0,004	0,032
			BuOAc	0,001	0,007
			H <sub>2</sub> O	0,995	8,326

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3.4 Válvula – CV-04

Se presenta en la imagen 7-5 un esquema de la válvula VC-04. Esta recibe los fondos de la columna, correspondientes a la corriente G y es la encargada de controlar el reflujo hacia el rehervidor y la corriente de producto final.

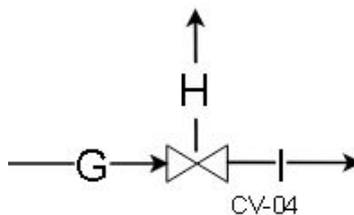


Imagen7-5: Válvula CV-04. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en las tablas 7-10 y 7-11 se expone el balance total y por componentes correspondientes a esta etapa.

Tabla 7-10: Balance total y por componentes en CV-04		
Divider o válvula CV-04		
Balance total	$G = I + H$	
Balance por componente	OHAc	$G * X_{OHAc} = I * X_{OHAc} + H * X_{OHAc}$
	BuOH	$G * X_{BuOH} = I * X_{BuOH} + H * X_{BuOH}$
	BuOAc	$G * X_{BuOAc} = I * X_{BuOAc} + H * X_{BuOAc}$
	H <sub>2</sub> O	$G * X_{H_2O} = I * X_{H_2O} + H * X_{H_2O}$

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del manejo de variables de proceso, las relaciones de reflujo, en principio el retorno de fase orgánica en la zona de rectificación en las primeras etapas de la columna y por otro lado el retorno de fondos a la columna, son muy importantes. Tan importantes, que plantear un balance general y por componentes en CV-04 permite establecer estas cantidades.

Puede asumirse a CV-04 como un punto de separación de flujo, lo que comúnmente en ingeniería de procesos puede conocerse como divider.

Tabla 7-11: Balance de masa en CV-04					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
Corriente que ingresa a la válvula CV-04					
G	Egreso del fondo de la columna	5355,099	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	46,100
			H <sub>2</sub> O	0	0
Corrientes que egresan de la válvula CV-04					
I	Envío de producto final	988,399	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	8,508
			H <sub>2</sub> O	0	0
H	Ingreso de fondos a columna	4366,700	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	37,591
			H <sub>2</sub> O	0	0

Fuente: Elaboración propia

#### 7.4 BALANCE DE ENERGÍA

Uno de los principales atractivos que tiene la implementación de la destilación reactiva en comparación con los métodos convencionales, tiene que ver con un consumo energético

mucho menor. Por otra parte, resaltar la implementación de una estrategia de ahorro o integración energética permite pensar en un balance global total de energía centrado en una caja negra que contempla únicamente la columna C-01, analizando la entrada y salida de corrientes cargadas de flujos calóricos además de las principales fuentes de ingreso y egreso de calor, rehedividor y condensador.

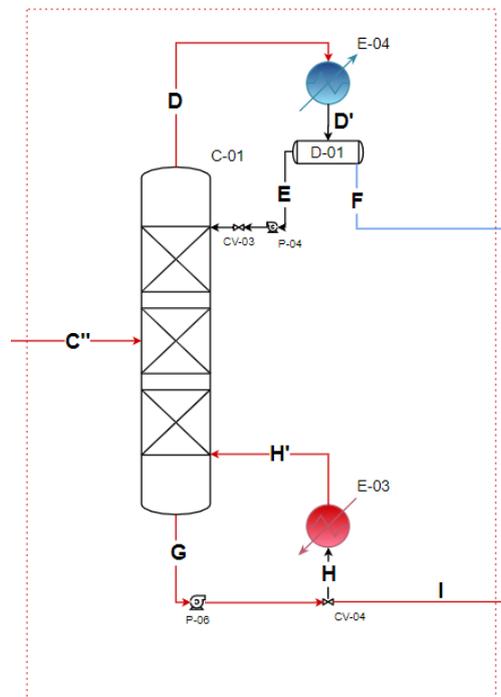


Imagen 7-6: Diagrama de caja negra para balance global de energía en C-01. Elaboración propia.

Para la realización del balance de energía del proceso se consideran aquellas etapas en las que la energía intercambiada es relevante. A partir de esto se determina la masa o el caudal del medio refrigerante o calefactor, dependiendo de lo que requiera la operación.

Tabla 7-12: Balance global de energía
Balance total
$Q_{E-03} + Q_{Reacción} + Q_{C''} = Q_{E-04} + Q_{Perdidas} + Q_F + Q_I$

Fuente: Elaboración propia.

Se detallan a continuación los puntos donde se lleva a cabo este análisis.

- Economizador E-01
- Intercambiador E-02
- Rehervidor en C-01 - Intercambiador de calor E-03
- Condensador en C-01 - Intercambiador de calor E-04
- Intercambiador E-05
- Análisis y estimación del calor de reacción

- Intercambio de energético en puesta en marcha

#### 7.4.1 Economizador E-01

En la figura 7-7 se expone el esquema representativo de la primera etapa de calentamiento de la corriente C, perteneciente a la alimentación de la columna de destilación reactiva. Esta contiene una relación equimolar de ácido acético y n-butanol. E-01 representa un punto estratégico de integración energética. Aquí es donde se emplea como fluido calefactor, el de la corriente I que egresa de la columna a alta temperatura.

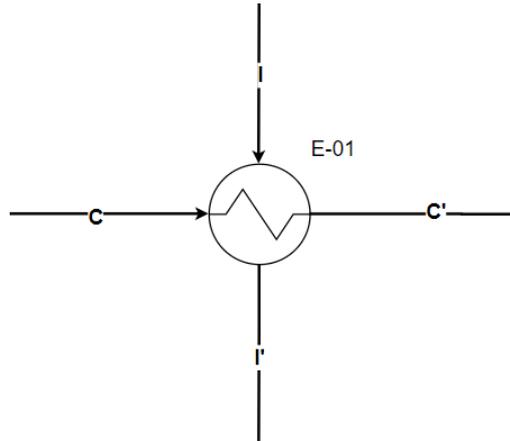


Imagen 7-7: Esquema representativo del economizador E-01. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7-13 se presenta el balance general para esta primera etapa de acondicionamiento de la corriente de materia prima.

Tabla 7-13: Balance general en E-01
Balance global
$C + I = C' + I'$

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones:

- Se considera que la pérdida energética hacia el exterior es despreciable.
- Este equipo no presenta una variación másica en las corrientes en cuestión, pero sí energética de manera indirecta.
- No existen reacciones secundarias entre los componentes de la corriente.

En la tabla 7-14 se registran las características de las corrientes involucradas en el intercambiador de calor, tanto de las corrientes que contienen el producto de interés como aquellas que intervienen indirectamente en la transferencia de energía.

Tabla 7-14: Balance de energía en E-01					
Economizador -Intercambiador E-01					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
Corrientes que ingresan					
I	Producto final	988,399	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	8,508
			H <sub>2</sub> O	0	0
C	Ingreso a la columna	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
Corrientes que salen					
I'	Producto final	988,399	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	8,508
			H <sub>2</sub> O	0	0
C'	Ingreso a la columna	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
Balance de Energía					
Corriente		Temperatura (°C)		Calor específico (kcal/kg°C)	
I		126,000		62,531	
C		25,000		36,007	
I'		26,090		53,796	
C'		97,000		45,336	
Ecuación		$m_C * Cp'_{(C-C')} * (T_{C'} - T_C) = -m_I * Cp'_{(I-I')} * (T_{I'} - T_I)$			
Calor intercambiado (kcal/h)		49466,700			

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4.2 Intercambiador E-02

Para alcanzar la temperatura óptima de ingreso a la columna, 110 °C, se hace uso de un segundo intercambiador el cual funciona con vapor de caldera. En este caso la figura 7-8 expone el esquema representativo del calentamiento de la corriente de alimentación a la columna de destilación reactiva.

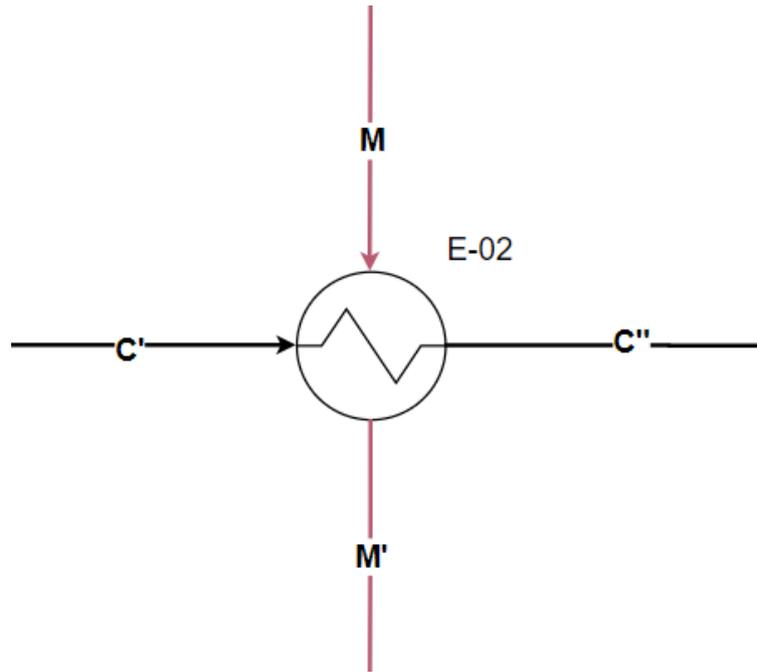


Imagen 7-8: Esquema representativo del economizador E-02. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7-15 se presenta el balance general para esta segunda y última etapa de acondicionamiento de la corriente de materia prima.

Tabla 7-15: Balance general en E-02
Balance global
$C' + M = C'' + M'$

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones:

- Se considera que la pérdida energética hacia el exterior es despreciable.
- Este equipo no presenta una variación másica en las corrientes en cuestión, pero sí energética de manera indirecta.
- No existen reacciones secundarias entre los componentes de la corriente.

En la tabla 7-16 se registran las características de las corrientes involucradas en el intercambiador de calor,

El intercambiador en cuestión (E-02) es el que provee de la energía suficiente con vapor de caldera a 2 atm de presión para alcanzar la temperatura de reacción, que a condiciones de presión atmosférica es la temperatura de ingreso a la columna previamente señalada. Se hace mención de esto más adelante.

Tabla 7-16: Balance de energía Intercambiador E-02					
Intercambiador E-05 - Puesta en marcha de la planta					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
Corrientes que ingresan					
C'	Mezcla de reactivos	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
M	Vapor de agua	19,46	H <sub>2</sub> O	1,000	1,080
Corrientes que salen					
C''	Mezcla de reactivos	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
M'	Condensado de vapor de agua	19,46	H <sub>2</sub> O	1,000	1,080
Balance de Energía					
Corriente	Temperatura (°C)	Calor específico (kcal/kmol°C)	Calor latente (kcal/kmol)	Fracción Vaporizada	
C'	97,000	45,336	9506,000	0	
M	120,675	8,167		1	
C''	110,00	47,445		0	
M'	120,675	18,289		0	
Ecuación	$m_{C'} * Cp'_{(C'-C'')} * (T_{C''} - T_{C'}) = -m_M * \lambda_M$				
Calor intercambiado (kcal/h)	10268.400				

Fuente: Elaboración propia

### 7.4.3 Rehervidor E-03

El rehervidor, pertenece a un intercambiador de calor que funciona en el fondo de la columna C-01. Este aporta la energía necesaria para que la columna funcione con normalidad y cumpla con los requisitos establecidos.

Se representa a continuación, en la figura 7-9 un esquema representativo de este equipo.

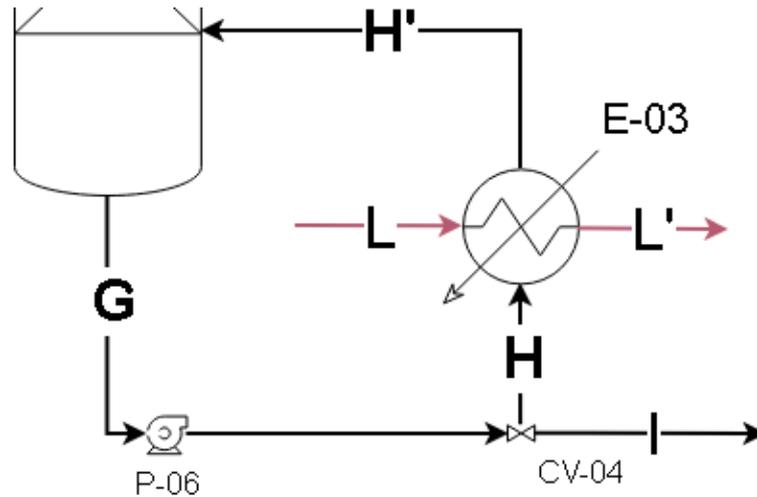


Imagen 7-9: Esquema representativo del rehervidor E-03. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7-17 se presenta el balance general para esta etapa.

Tabla 7-17: Balance general en E-03	
<b>Balance global</b>	
$H + L = H' + L'$	

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones:

- Se considera que la pérdida energética hacia el exterior es despreciable.
- Este equipo no presenta una variación másica en las corrientes en cuestión, pero sí energética de manera indirecta.
- No existen reacciones secundarias entre los componentes de la corriente.

En la tabla 7-18 se registran las características de las corrientes involucradas en el intercambiador de calor, tanto de las corrientes que contienen el producto de interés como aquellas que intervienen indirectamente en la transferencia de energía.

La cantidad de calor entregada es la suficiente como para poder realizar la separación de productos dentro de la torre. Se espera una cantidad significativa dado que, a las condiciones de trabajo establecidas, se debe alcanzar vapor saturado una corriente de gran caudal que tiene un punto de ebullición de 126°C para ser retornada a la zona de agotamiento de la columna.

Se considera que ingresa a E-03 vapor saturado y el condensado, líquido saturado retorne a caldera. Conociendo el calor necesario y la masa de H se determina la magnitud de L.

No es una opción posible pensar en el almacenamiento de un solvente orgánico volátil a tan alta temperatura, razón por la cual, la corriente I es empleada para realizar un primer intercambio energético con la alimentación a la columna y de esta forma asegurar un retorno a un tanque de almacenamiento a una temperatura razonable. Esto implica un doble beneficio de la integración energética.

Tabla 7-18: Balance de energía en E-03					
Rehervidor - Intercambiador E-03					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
<b>Corrientes que ingresan</b>					
H	Ingreso de fondos a reboiler	4366,700	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	37,591
			H <sub>2</sub> O	0	0
L	Vapor de agua	840,430	H <sub>2</sub> O	1,000	46,652
<b>Corrientes que salen</b>					
H'	Ingreso de fondos a reboiler	4366,700	OHAc	0	0
			BuOH	0	0
			BuOAc	0,999	37,591
			H <sub>2</sub> O	0	0
L'	Condensado de vapor	756,380	H <sub>2</sub> O	1,000	46,652
<b>Balance de Energía</b>					
Corriente	Temperatura (°C)	Presión (atm)	Calor específico (kcal/kmol °C)	Calor latente (kcal/kmol)	Fracción Vaporizada
H	126,001	1,000	62,531	-	0
L	127,000	2,432	8,180	9428,950	1
H'	126,001	1,000	46,867	11701,737	1
L'	127,000	2,432	18,336	-	0
Ecuación		$m_H * \lambda_H = -m_L * \lambda_L$			
Calor intercambiado (kcal/h)		439880,000			

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 7.4.4 Condensador E-04

El intercambiador de calor E-04 representa el condensador de la C-01 en la cabeza de la misma. Es encargado de retirar la energía necesaria para que la columna funcione con normalidad y cumpla con los requisitos establecidos.

Para llevar a cabo la condensación de vapores se piensa en enfriar la mezcla al punto mínimo dónde este alcance el estado de líquido saturado. Este punto en temperatura significa 86.41°C partiendo de una mezcla que ingresa como vapor sobresaturado a 107.15 °C.

Esto se traduce en un intercambio de calor sensible hasta lograr el punto de vapor saturado y un intercambio de calor latente hasta alcanzar la condición mínima requerida mencionada en el párrafo anterior.

Se representa a continuación, en la figura 7-10 un esquema representativo de este equipo.

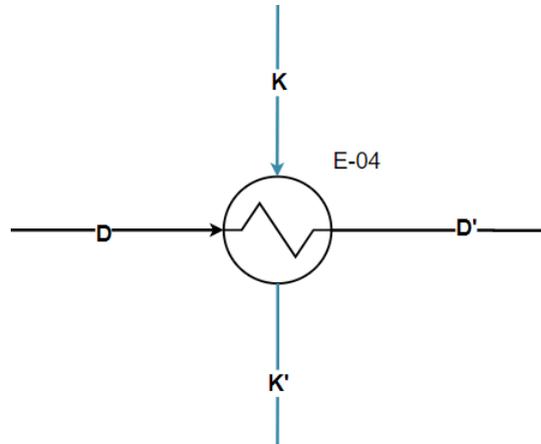


Imagen 7-10: Esquema representativo del condensador E-04. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7-19 se presenta el balance general para esta etapa.

Tabla 7-19: Balance general en E-04
<b>Balance global</b>
$D + K = D' + K'$

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7-20 se registran las características de las corrientes involucradas en el condensador, tanto de las corrientes que contienen el producto de interés como aquellas que intervienen indirectamente en la transferencia de energía.

Es precisamente el análisis de balance de energía en este punto donde se pretende conocer la masa de agua necesaria para desarrollar completamente la condensación de vapores, K.

La temperatura de retorno de agua a torre adoptada es igual a 32°C.

Tabla 7-20: Balance de energía en E-04					
Condensador - Intercambiador E-04					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracciones molares	Cantidad (kmol/h)
<b>Corrientes que ingresan</b>					
D	Egreso del tope de la columna	3427,107	OHAc	0	0
			BuOH	0,208	10.012
			BuOAc	0,424	20.387
			H <sub>2</sub> O	0,366	17.586
K	Agua de enfriamiento	72063,800	H <sub>2</sub> O	1,000	4000.211
<b>Corrientes que salen</b>					
D'	Condensado de tope de columna	3427,107	OHAc	0	0
			BuOH	0,208	10,012
			BuOAc	0,424	20,387
			H <sub>2</sub> O	0,366	17,586
K'	Agua de enfriamiento	72063,800	H <sub>2</sub> O	1,000	4000,211
<b>Balance de Energía</b>					
Corriente	Temperatura (°C)	Calor específico (kcal/kmol°C)	Calor latente (kcal/kmol)	Fracción Vaporizada	
D	107,157	28,739	9991,000	1	
K	25,000	18,007		0	
D'	86,415	42,973		0	
K'	32,000	17,984		0	
Ecuación	$-(m_D * Cp'_{(D-D')} * (T_D - T_{D'}) + m_D * \lambda_D) = m_K * Cp'_{(K-K')} * (T_{K'} - T_K)$				
Calor intercambiado (kcal/h)	503867.000				

Fuente: Elaboración propia

#### 7.4.5 Intercambiador E-05

La corriente F perteneciente a la fase acuosa y efluente del proceso, antes de su envío hacia el tratamiento de efluentes instalado en el parque industrial, ingresa al intercambiador E-05. El objetivo de este es reducir su temperatura para un adecuado tratamiento.

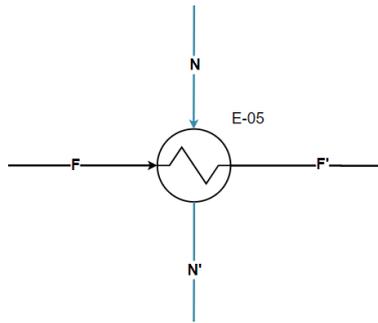


Imagen 7-11: Esquema representativo del enfriador E-05. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7-21 se registran las características de las corrientes involucradas en el condensador, tanto de las corrientes que contienen el producto de interés como aquellas que intervienen indirectamente en la transferencia de energía.

Tabla 7-21: Balance de energía en enfriador E-05					
Intercambiador E-05					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
<b>Corrientes que ingresan</b>					
F	Fase acuosa	153,157	OHAc	0	0
			BuOH	0,004	0,032
			BuOAc	0,001	0,007
			H <sub>2</sub> O	0,995	8,326
N	Agua de enfriamiento	1181,71	H <sub>2</sub> O	1,000	65,596
<b>Corrientes que salen</b>					
F'	Fase acuosa	153,157	OHAc	0	0
			BuOH	0,004	0,032
			BuOAc	0,001	0,007
			H <sub>2</sub> O	0,995	8,326
N'	Agua de enfriamiento	1181,71	H <sub>2</sub> O	1,000	65,596
<b>Balance de Energía</b>					
Corriente		Temperatura (°C)		Calor específico (kcal/kmol C)	
F		86,420		18,247	
N		25,000		18,007	
F'		32,000		18,111	
N'		32,000		17,984	
Ecuación		$m_N * Cp'_{(N'-N)} * (T_{N'} - T_N)$ $= -m_F * Cp'_{(F-F')} * (T_{F'} - T_F)$			
Calor intercambiado (kcal/h)		8262,500			

Fuente: Elaboración propia.

**7.4.6 Calor de reacción**

Bajo las principales consideraciones en las que fueron establecidas los principios generales de este capítulo se deja indicado que serán consideradas cuantitativamente, las cantidades energéticas considerables, no obstante, la formación de acetato de n-butilo por la esterificación del ácido acético con el n-butanol implica una reacción ligeramente exotérmica.

Tabla 7-22: Estimación del calor de reacción				
Calor de reacción				
Compuesto	Masa (kmol)	Entalpía de formación $\Delta H_f^\circ$ (kcal/kmol)	Calor específico (Cp) (kcal/kmol°C)	Cp' de la mezcla
Reactivos				
Ácido Acético	8.508	-115721	A 25 °C: 29,585	37,257
			A 110 °C: 35,500	
			Cp medio: 32,542	
N-butanol	8.508	-78128	A 25 °C: 42,485	
			A 110 °C: 59,460	
			Cp medio: 41,972	
Productos				
Acetato de n-butilo	8.508	-116031	A 25 °C: 53,726	37,775
			A 110 °C: 61,150	
			Cp medio: 57,438	
Agua	8.508	-57753	A 25 °C: 18,006	
			A 110 °C: 18,218	
			Cp medio: 18,112	
Calor de enfriamiento - $Q_{ENF}$				Calor (kcal)
$Q_{ENF} = m * Cp'_{(T_2-T_1)} * (T_2 - T_1)$				-53887,034
Calor de formación - $Q_{FOR}$				Calor (kcal)
$\Delta H_R^\circ = \sum n_p * \Delta H_p^\circ - \sum n_r * \Delta H_r^\circ$				-170713,020
Calor de calentamiento - $Q_{CAL}$				Calor (kcal)
$Q_{CAL} = m * Cp'_{(T_1-T_2)} * (T_1 - T_2)$				54636,249
Calor de reacción total $Q_{REACCIÓN}$	$Q_{REACCIÓN} = Q_{ENF} + \Delta H_R^\circ + Q_{CAL}$			Calor (kcal)
				-169963,805

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se espera una cantidad poco significativa comparada con el calor que entrega el rehervidor de la columna, a modo de ejemplo, sin embargo, se cree que es necesario considerarlo. Asumiendo una temperatura de reacción de  $T_1=110^\circ\text{C}$  como

temperatura de reacción bajo presión atmosférica, inferior a la del punto de ebullición de la mezcla equimolar para favorecer la conversión en estado líquido y separación en estado gaseoso y además una temperatura de referencia,  $T_2 = 25^\circ\text{C}$  para las entalpías estándares de formación de las especies involucradas, se realiza una estimación del calor que aporta la reacción al sistema detallada en la tabla 7- 22.

#### 7.4.7 Intercambio energético en puesta en marcha

Al momento de la puesta en marcha de la planta no se cuenta con la corriente que conforma la integración energética, corriente de fondo de la columna de destilación reactiva, por tal motivo el total del intercambio de calor se proporciona mediante vapor de caldera. En la tabla 7-23 se registran las características de las corrientes involucradas en el intercambiador, tanto de las corrientes que contienen el producto de interés como aquellas que intervienen indirectamente en la transferencia de energía. Esta operación se lleva a cabo mediante vapor a  $120^\circ\text{C}$  y 2 atm. Tanto en este apartado como en el rehervidor E-04 y en E-02, el condensado del vapor utilizado es recirculado hacia la caldera.

Tabla 7-23: Balance de energía en puesta en marcha					
Intercambiador E-02 - Puesta en marcha de la planta					
Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
<b>Corrientes que ingresan</b>					
C	Mezcla de reactivos	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
M	Vapor de agua	113,210	H <sub>2</sub> O	1,000	6,274
<b>Corrientes que salen</b>					
C''	Mezcla de reactivos	1141,569	OHAc	0,500	8,508
			BuOH	0,500	8,508
M'	Condensado de vapor de agua	101,880	H <sub>2</sub> O	1,00	6.284
<b>Balance de Energía</b>					
Corriente	Temperatura (°C)	Calor específico (kcal/kmol°C)	Calor latente (kcal/kmol)	Fracción Vaporizada	
C	25,000	36,007	9506,000	0	
M	120,000	8,167		1	
C''	110,000	47,445		0	
M'	120,00	18,289		0	
Ecuación	$m_C * C_p'(C-C'') * (T_{C''} - T_C) = - m_M * \lambda_M$				
Calor intercambiado (kcal/h)	59735,000				

Fuente: Elaboración propia.

La importancia de diseñar la red de distribución en ciclo cerrado yace en la recuperación de la energía que contiene el condensado (agua caliente) y el consecuente ahorro de costos. Al aumentar la eficiencia energética disminuye el consumo de la fuente energética de la caldera y origina un ahorro económico. Pero, además, en el caso del vapor, al retornar agua condensada exenta de sales minerales, se reducen costos asociados al tratamiento previo del agua que ingresa a la caldera.

### 7.5 CONCLUSIONES

Tabla 7-24: Balance de masa total
$A + B = I' + F'$
$510,930 + 630,630 = 988,390 + 153,150$
$1141,550 = 1141,550$

*Fuente: Elaboración propia.*

Este capítulo está planteado concretamente para poder conocer las cantidades necesarias tanto de materias primas como de insumos y servicios auxiliares partiendo de cantidades de producto conocidas. Habiendo asumido pérdidas del 2% anual para la producción de 8160 toneladas anuales, será necesario contar con 2109.32 tn/año de ácido acético y 5207.06 tn/año de alcohol butílico para poder cumplir con la demanda insatisfecha conjunta de Argentina y Brasil los próximos 10 años. Planteado de otra forma podemos asegurar que producir 1 kg de acetato de n-butilo serán necesarios 0.51 kg del ácido y 0.63 kg del alcohol. La tabla 7-25 expresa las cantidades necesarias para la producción de una tonelada de producto principal final.

Tabla 7-25: Cantidad de materias primas y servicios auxiliares para la producción de una tonelada de acetato de n-butilo.	
Materia prima o servicio auxiliar	Cantidad en kg
Ácido acético	516,931
N-butanol	638,045
Vapor	869,995
Agua de enfriamiento	73065,245
Catalizador	A definir en cap. 8

*Fuente: Elaboración propia.*

Desde el punto de vista energético resulta más atractiva la DR dado que si se compara con métodos convencionales mencionados en el capítulo VI, se observa un descenso importante en el consumo energético, que ronda en aproximadamente un 80% menos. Cualitativamente es fácil predecir el exceso de energía dado que se deberán calefaccionar entre 3 y 4 columnas simultáneamente.

# CAPÍTULO VIII

## DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS



## CAPÍTULO VIII: DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS

### 8.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrollan los cálculos matemáticos para el diseño y la adopción de equipos necesarios para el proceso de producción de acetato de n-butilo, considerando los criterios detallados en los capítulos anteriores. En los casos en los que se lleva a cabo la adopción del equipo, se considera el que esté disponible en el mercado y que mejor se adapte a los requerimientos técnicos que se establecen a través de los cálculos.

Esta sección se ha realizado conjuntamente con el capítulo anterior, ya que para dimensionar y diseñar los equipos son necesarios los datos que se extraen de los balances de masa y energía. Se utiliza como simulador base para el diseño de los equipos CHEMCAD 6.1.3.

En la tabla 8-1 se detallan los equipos a diseñar y adoptar.

Tag	Equipo	Criterio
T-01	Tanque de almacenamiento	Diseño
T-02	Tanque de almacenamiento	Diseño
T-03	Tanque con control de especificación	Diseño
T-04	Tanque de almacenamiento	Diseño
T-05	Tanque de almacenamiento	Diseño
ME-01	Mezclador estático	Adopción
E-01	Intercambiador de calor	Diseño
E-02	Intercambiador de calor	Diseño
E-03	Reboiler	Diseño
E-04	Condensador	Diseño
D-01	Decantador	Diseño
C-01	Columna de destilación reactiva	Diseño
P-01	Bomba	Adopción
P-02	Bomba	Adopción
P-03	Bomba	Adopción
P-04	Bomba	Adopción
P-05	Bomba	Adopción
P-06	Bomba	Adopción
P-07	Bomba	Adopción
P-08	Bomba	Adopción
P-09	Bomba	Adopción

*Fuente: Elaboración propia.*

### 8.2 TANQUES

El ritmo de producción, en conjunto con las eventuales complicaciones que puedan ocurrir, definen que el volumen final del tanque donde se almacena el producto de interés que concluye la línea de producción, deberá tener un volumen lo suficientemente grande como para que, al momento de una parada de planta general de 15 días, como mucho, pueda

almacenar la cantidad de acetato que debería haberse producido por cada día de parada para no interrumpir la distribución.

De la misma forma, se piensa que las materias primas comenzarán en la línea de producción partiendo de dos tanques de almacenamiento para cada una con volumen suficiente como para que una vez llenos, puedan proveer de ácido acético y n-butanol sin desacelerar o frenar el ritmo de producción durante una semana. Establecer un rendimiento semanal de inventario permite amortiguar las posibles causas que dificultan la llegada del transporte a planta, ya sea por paros de transporte, días hábiles no laborables por feriados preestablecidos, etc.

En el medio de la distribución de equipos encontramos el tanque receptor de fase acuosa, que recibe la fase pesada rica en agua del decantador. Esta corriente pertenece al efluente del proceso, que luego es destinada al tratamiento de efluentes dispuesto en el parque industrial. A modo de evitar cualquier inconveniente con la recepción de este, se dispone de un tanque de almacenamiento temporal, con un volumen equivalente al producido en dos días.

Aunque con menor importancia que los anteriores, el tanque de especificación diaria, es diseñado con el fin de soportar la producción completa de tan sólo un día, siendo este, un pulmón entre el intercambiador E-01 y el tanque final además de un receptor temporal para control de calidad de producto principal final.

Partiendo de las ecuaciones 8-1 a 8-5 se conocen los volúmenes finales requeridos:

$$\text{Ácido acético; } 0.490 \frac{m^3}{h} * 24 h * 7 = 82,32 m^3 \quad Ec(8 - 1)$$

$$N - butanol; \quad 0.782 \frac{m^3}{h} * 24 h * 7 = 131,37 m^3 \quad Ec(8 - 2)$$

$$\text{Fase acuosa; } 0.159 \frac{m^3}{h} * 24 h * 2 = 7,63 m^3 \quad Ec(8 - 3)$$

$$\text{Acetato de n - butilo; } 1.129 \frac{m^3}{h} * 24 h * 14 = 379,34 m^3 \quad Ec(8 - 4)$$

$$\text{Acetato de n - butilo (diario); } 0.490 \frac{m^3}{h} * 24 h = 27,09 m^3 \quad Ec(8 - 5)$$

Si a esos volúmenes, se les considera agregar un volumen de seguridad más, los resultados finales quedan establecidos en la Tabla 8-2.

Tanque	Almacenamiento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Margen seguridad (%)
T-01	Ácido acético	94,67	15
T-02	N-butanol	151,07	15
T-03	Especificación diaria	28,45	4
T-04	Acetato de n-butilo	436,24	15
T-05	Agua	8,00	15

Fuente: Elaboración propia.

Como se menciona con anterioridad, la geometría del diseño es unificada. Se conservan la misma relación de esbeltez y todos los tanques tienen cabezales a los fines de evitar zonas

muertas dentro del recipiente. El centro de la base de cada tanque será el punto de cometa para la tubería que favorecería la admisión de la bomba. Cada tanque está previsto de un venteo atmosférico.

Bajo un criterio unificado de diseño, se establecen en la tabla 8-3 las ecuaciones que permiten conocer las dimensiones de dichos tanques.

Tabla 8-3: Ecuaciones de diseño para tanques		
Variable	Denominación	Ecuación
$V_{Tanque}$	Volumen total del tanque	$V_{Tanque} = V_{Cilindro} + 2 * V_{Cabezal} \quad Ec (8 - 6)$
$V_{Cilindro}$	Volumen del cilindro	$V_{Cilindro} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} * H \quad Ec (8 - 7)$
$V_{Cabezal}$	Volumen del cabezal	$V_{Cabezal} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{6} \quad Ec(8 - 8)$
$h$	Altura del Cabezal	$h = \frac{D}{4} \quad Ec (8 - 9)$
$H/D$	Relación de esbeltez	$\frac{H}{D} = 2.5 \quad Ec (8 - 10)$
$D$	Diámetro del tanque	$D = \sqrt[3]{\frac{V_{Cilindro} \cdot 4}{\pi * 2.5}} \quad Ec(8 - 11)$
$H$	Altura del Cilindro	Ver ecuación 8-10

Fuente: Elaboración propia.

Como se nombra anteriormente, los tanques están provistos de cabezales, estos son torisfericos tipo KLOPPER de acuerdo a la norma 28011. El fondo Klopper es de origen alemán, tiene una relación entre radio de corona o calota y diámetro de envolvente de 1, y entre el radio de articulación y diámetro de envolvente de 0.1.

Son utilizados en equipos de baja y muy baja presión, así como en equipos a presión atmosférica, en los que la única presión que estos elementos deben soportar es la presión hidrostática del líquido contenido en su interior.

En la imagen 8-1 se puede visualizar su forma y dimensiones a definir para cada caso.

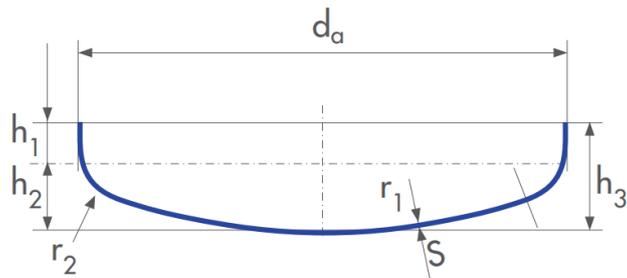


Imagen 8-1: Fondo toriesférico de acuerdo a la norma DIN 28011. Fuente: www.slawinski.co.uk.

- Donde:
- $h_2$ : Profundidad del plato.
  - $r_1$ : Radio de la corona.
  - $h$ : Altura total del cabezal
  - $r_2$ : Radio de la articulación.
  - $S$ : Espesor de la pared
  - $h_1$ : Altura de la brida recta.
  - $d_a$ : Diámetro externo de la cabeza.

Las relaciones geométricas para este tipo de cabezales son las siguientes:

- $r_1 = d_a$
- $r_2 = 0,1 \times d_a$
- $h_2 = 0,193 \times d_a - 0,455 \times S$
- $h_3 = h_1 + h_2$

En cuanto al espesor se debe diferenciar entre el espesor del cuerpo cilíndrico y el fondo. El espesor mínimo que debe tener el cuerpo del tanque está directamente relacionado con el diámetro del tanque en metros. Como los tanques a diseñar todos tienen un diámetro menor de 15,24 metros, en base a las normas API 650, el espesor mínimo será de 4,76 mm.

**5.6.1.1** The required shell thickness shall be the greater of the design shell thickness, including any corrosion allowance, or the hydrostatic test shell thickness, but the shell thickness shall not be less than the following:

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	3/16
15 to < 36	50 to < 120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

Imagen 8-2: Espesor requerido según el diámetro de tanque. Fuente: Welded Steel Tanks for Oil Storage, API 650.

Se puede escoger por tomar el criterio antes mencionado o calcular el espesor mediante el método de un pie. Este aplicable en tanques con un diámetro igual o menor a 61m, lo cual se encuentra dentro de las dimensiones necesarias. Con este método se calcula el espesor requerido de la pared del tanque por condiciones de diseño y de prueba hidrostática. Esta última prueba da información del espesor del tanque si éste es llenado con agua en vez de con la sustancia a almacenar. Si el espesor calculado por prueba hidrostática es mayor que el calculado por condiciones de diseño, se usará el obtenido por condiciones de prueba hidrostática. Las dos ecuaciones utilizadas son las siguientes:

$$S_{\text{diseño para el cuerpo}} = S_d = \frac{0,0005 * D * (H - 30,48) * G}{E_d} + C \quad (\text{Ec. 8 - 12})$$

$$S_{\text{por prueba hidrostática para el cuerpo}} = S_t = \frac{0,0005 * D * (H - 30,48)}{E_t} + C \quad (\text{Ec. 8 - 13})$$

Donde:

- S<sub>d</sub>: Espesor por condiciones de diseño (mm).
- S<sub>t</sub>: Espesor prueba hidrostática (mm).
- D: Diámetro del tanque (m).
- H: Altura de diseño del nivel del líquido (m).
- G: Densidad relativa del líquido a almacenar o del agua para cálculo por prueba hidrostática.
- C: Corrosión permisible = 2 mm.
- E<sub>d</sub>: Esfuerzo permisible por condiciones de diseño = 1397,01 kg/cm<sup>2</sup>.
- E<sub>t</sub>: Esfuerzo permisible por condiciones de prueba hidrostática = 11767,53 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otra parte, el espesor mínimo del fondo, que viene dado por el esfuerzo para prueba hidrostática del material. En Este caso para AISI 316, se tiene que E<sub>t</sub> es igual a 11767,53 kg/cm<sup>2</sup>, para el cual el espesor mínimo es de 6,35 mm.

Una vez realizados los cálculos, en la tabla 8-4 a la 8-8 se detalla la información de diseño de estos.

Tabla 8-4: T-01 - Ácido Acético	
Parámetro	Valor
h (m)	0,909
H (m)	9,097
D (m)	3,639
H/D	2,500
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	94,670
Volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	6,302
Material	Acero AISI 316
Fabricante	Aerotan SA
Volumen total (m <sup>3</sup> )	107,274
Cabezales	
r <sub>1</sub> (m)	3,643
r <sub>2</sub> (m)	0,364
h <sub>1</sub> (m)	0,209
h <sub>2</sub> (m)	0,700
h <sub>3</sub> (m)	0,909
S (mm)	6,350

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-5: T-02 - N-butanol	
Parámetro	Valor
h (m)	1,063
H (m)	10,633
D (m)	4,253
H/D	2,5
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	151,07
volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	10,067
Material	Acero AISI 316
Fabricante	Aerotan SA
Volumen total (m <sup>3</sup> )	171,205
Cabezales	
r <sub>1</sub> (m)	4,258
r <sub>2</sub> (m)	0,425
h <sub>1</sub> (m)	0,245
h <sub>2</sub> (m)	0,818
h <sub>3</sub> (m)	1,063
S (mm)	6,350

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor
h (m)	0,609
H (m)	6,092
D (m)	2,437
H/D	2,500
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	28,450
volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	1,893
Material	Acero AISI 316
Fabricante	Aerotan SA
Volumen total (m <sup>3</sup> )	32,237
Cabezales	
r <sub>1</sub> (m)	2,441
r <sub>2</sub> (m)	0,244
h <sub>1</sub> (m)	0,141
h <sub>2</sub> (m)	0,468
h <sub>3</sub> (m)	0,609
S (mm)	6,350

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Valor
h (m)	1,514
H (m)	15,141
D (m)	6,056
H/D	2,500
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	436,240
volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	29,073
Material	Acero AISI 316
Fabricante	Aerotan SA
Volumen total (m <sup>3</sup> )	494,380
Cabezales	
r <sub>1</sub> (m)	6,056
r <sub>2</sub> (m)	0,605
h <sub>1</sub> (m)	0,349
h <sub>2</sub> (m)	1,165
h <sub>3</sub> (m)	1,514
S (mm)	6,350

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Valor
h (m)	0,400
H (m)	4,000
D (m)	1,597
H/D	2,500
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	8,000
volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	0,534
Material	Acero AISI 316
Fabricante	Aerotan SA
Volumen total (m <sup>3</sup> )	9,000
Cabezales	
r <sub>1</sub> (m)	1,597
r <sub>2</sub> (m)	0,159
h <sub>1</sub> (m)	0,095
h <sub>2</sub> (m)	0,305
h <sub>3</sub> (m)	0,400
S (mm)	6,350

Fuente: Elaboración propia.

### 8.3 MEZCLADOR ESTÁTICO ME-01

Las materias primas, ácido acético y n-butanol, deben ingresar a la columna de destilación reactiva como una mezcla homogénea. Para ello se hace uso de un mezclado estático.

Básicamente, un mezclador estático es un obstáculo estacionario puesto en un conducto para originar un mezclado y puede verse como el equivalente del agitador mecánico en un tanque de mezcla. Tiene la ventaja que no tiene ninguna parte móvil y extrae la energía.

Dentro de las opciones disponibles en el mercado y de acuerdo a las propiedades de los fluidos a mezclar, se opta como mejor opción, un mezclador estático del tipo Kenics KMS.

El mezclador estático Kenics KMS, es un típico dispositivo de mezcla en línea. Consta de un tubo cilíndrico con los elementos del mezclador insertado para perturbar el flujo. Debido a que no contiene ninguna pieza móvil, la energía para el flujo es obtenida de la caída de presión del mezclador. Los elementos que mezclan son moldeados por láminas rígidas enroscadas helicoidalmente, cada uno dividiendo el tubo en dos conductos semicirculares. Las placas se colocan firmemente uno tras otro de modo que los bordes de las placas sean perpendiculares entre sí. El flujo a lo largo de la cañería es conducido por un gradiente de presión.

La imagen 8-3 representa un mezclador Kenics KMS justo con los parámetros importantes.

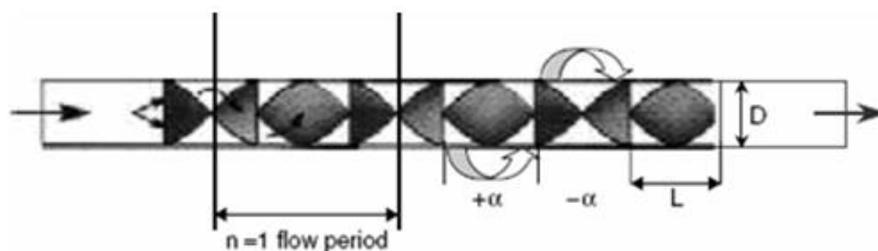


Imagen 8-3: Mezclador estático. Fuente: [www.multindustrial.com](http://www.multindustrial.com)

El primer elemento helicoidal gira el flujo en una dirección, entonces la dirección se invierte al próximo elemento. Esta acción crea un efecto adicional de mezclado, promoviendo la uniformidad del producto.

Características importantes:

- Número de elementos (E)
- Periodicidad espacial: Esta se mide considerando que dos elementos son iguales a un periodo de flujo.
- Plano de simetría: Al centro de cada elemento.
- Parámetros:

Razón de largo por el diámetro:  $L/D$

Ángulo de torcedura:  $\alpha$

Cuando el torrente del producto pasa por cada elemento del mezclador, es dividido en dos mitades iguales. En cada elemento siguiente, el número de divisiones crece exponencialmente, este proceso se puede estimar por la siguiente ecuación:  $S=2^E$ .



Imagen 8-4: Mezclador estático Kenics KMS. Fuente: [www.agitacionymezcla.com](http://www.agitacionymezcla.com)

En la tabla 8-9 se muestran las características de los fluidos a homogeneizar y del mezclador seleccionado.

Tabla 8-9: Adopción mezclador estático ME-01			
Mezclador estático ME-01			
Parámetros	Ácido acético	N-butanol	Mezcla
Temperatura (°C)	25,000	25,000	25,000
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1.042,019	805,765	896,765
Viscosidad (cP)	1,115	2,530	1,680
Flujo (m <sup>3</sup> /h)	0,490	0,773	1,277
Flujo másico (kg/h)	510,930	630,638	1141,569
Presión (atm)	1,000	1,000	1,000
Parámetros de diseño			
Tipo de mezclador estático	Kenics KMS - helicoidal		
Fabricante	M Y V MIXING S.R.L.		
Número de elementos (E)	6		
Periodicidad espacial	3		
Número de capas (S)	36		
Ángulo de torcedura ( $\alpha$ )	18°		
Longitud (cm)	50		

Fuente: Elaboración propia.

#### 8.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR

En esta sección se aborda el diseño de los intercambiadores E-01, E-02, el rehervidor y condensadores pertenecientes a la columna de destilación reactiva, E-03 y E-04 respectivamente, y por último E-05.

A modo introductorio, en la industria de proceso es común encontrar operaciones que comprenden la transferencia de calor hacia o desde algún fluido, con el objeto de calentar, enfriar y/o provocar un cambio de estado (condensación o evaporación). Las mismas se realizan en los equipos denominados intercambiadores de calor, en donde las corrientes de proceso reciben o ceden calor a expensas de otro fluido de servicio (vapor, agua de enfriamiento) o de proceso, que sufre una evolución contraria. Se puede, entonces, definir a los intercambiadores de calor como aquellos equipos en los que se transfiere energía térmica entre dos o más fluidos que ingresan a diferentes temperaturas (Kern, 1999)

Los intercambiadores de calor escogidos como mejor alternativa para este proceso son de placa y tubo y coraza.

El análisis de cálculo para todos los intercambiadores se lleva a cabo según lo indica el libro Procesos de Transferencia de calor de Donald Kern (1999) y tomando como software de simulación base para el diseño de los equipos CHEMCAD 6.1.3.

#### **8.4.1 Intercambiador de calor E-01 - Economizador**

La corriente de producto que abandona el fondo de la columna lo hace con una temperatura de 126°C. Esta es utilizada como fluido caliente en E-01 para precalentar la corriente de alimentación hasta 97°C. En este apartado se obtiene un doble beneficio, por un lado, se recupera el calor de la corriente de producto, y se asegura el retorno del producto final a una temperatura adecuada para su almacenamiento y posterior despacho.

El E-01 pertenece a un intercambiador de placas. Estos consisten en un paquete de placas metálicas provistas de juntas elásticas, que se encuentran alineadas, suspendidas de un bastidor y comprimidas entre dos marcos o cabezales rígidos por medio de tornillos. El diseño se lleva a cabo utilizando el simulador CHEMCAD 6.1.3. Debido a que pueden manejar un caudal pequeño de líquido con alta velocidad de circulación, presentan una superficie de transmisión de calor reducida y, al ser construidos modularmente, se le pueden agregar o quitar placas de intercambio cuando el proceso lo requiere, se los escoge para este primer intercambio energético.

Las dimensiones y características del equipo se detallan en la tabla 8-10.

Tabla 8-10: Intercambiador de calor E-01	
Intercambiador E-01	
Tipo de intercambiador	Placas
Fabricante	AESA
Material	Acero al carbono
Flujo	Contracorriente
Régimen de trabajo	Continuo
Número de placas	30
Alto de placas (m)	1
Ancho (m)	0,500
Espacio entre placas (cm)	0,150
Grosor de las placas (cm)	0,254
Número de pasos lado caliente	1
Número de pasos lado frío	1
Boquilla de entrada al lado caliente (cm)	8
Boquilla de entrada al lado frío (cm)	8
Boquilla de salida del lado caliente (cm)	8
Boquilla de salida del lado frío (cm)	8
Área calculada (m <sup>2</sup> )	12,622
Área efectiva (m <sup>2</sup> )	12,702
Área limpia calculada (m <sup>2</sup> )	8,934
Exceso de área	0,6 %
$\Delta TML$ (°C)	21,973
U calculado (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	178,00
Factor de Fouling lado caliente (hm <sup>2</sup> C/kcal)	0,00008
Factor de Fouling lado frío (hm <sup>2</sup> C/kcal)	0,00008
Calor calculado (kcal/h)	49466,563

Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

#### 8.4.2 Intercambiador de calor E-02

La alimentación a la columna de destilación reactiva debe ingresar a 110°C y para alcanzar dicha temperatura se realiza un segundo intercambio energético mediante vapor de caldera en E-02.

Durante la puesta en marcha de la planta no se cuenta con la corriente que egresa del fondo de la columna reactiva, y es por tal motivo que se opta por diseñar el intercambiador E-02 bajo parámetros que permitan su utilización tanto en la puesta en marcha como para operar en régimen estacionario.

El E-02 pertenece a un intercambiador de tubo y corza, el diseño se lleva a cabo utilizando el simulador CHEMCAD 6.1.3. Este consiste en una carcasa cilíndrica que contiene un arreglo de tubos paralelo al eje longitudinal de la carcasa, donde el fluido que circula por los tubos se denomina interno y el que circula por la carcasa externo.

Las características y dimensiones del equipo se detallan en la tabla 8-11.

Tabla 8-11: Datos de diseño para E-02		
Intercambiador de calor E-02		
Tipo de intercambiador		Tubo y coraza
Fabricante		AESA
Objetivo		Calentamiento
Flujo		Contracorriente
Disposición	Tubo	C: Ácido acético y n-butanol
	Coraza	M: Vapor de caldera
Régimen de trabajo		Continuo
Presión de trabajo [atm]		1
Datos generales		
Diámetro interno de la coraza		20,320 cm
Numero de tubos		47
Longitud de tubos		2,440 m
Diámetro externo de los tubos		1,905 cm
Diámetro interno de los tubos		1,574cm
Arreglo de los tubos		Triangular 60º
Espaciado de los tubos		2,380 cm
Numero de pasos por los tubos		1
Numero de baffles		37
Separación centro a centro entre baffles		5.080 cm
Segmentación de baffles		15%
Tipo de baffles		Simple segmentación
Datos de transferencia de calor		
Área efectiva de transferencia		6,330 m <sup>2</sup>
Área requerida		5,440 m <sup>2</sup>
U (calculado/de servicio)		134,930/116,020 (kcal/hm <sup>2</sup> °C)
Calor calculado		11941 kcal/h
Exceso de área		16,290 %
ΔP coraza		0.05 atm
ΔP tubos		0.03 atm
Coeficiente de película para la coraza		25790,990 (kcal/hm <sup>2</sup> °C)
Coeficiente de película para los tubos		175,880 (kcal/hm <sup>2</sup> °C)

Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

#### 8.4.3. Intercambiador de calor E -04 – Condensador

Los vapores que egresan del tope de la columna de destilación reactiva son condensados mediante el uso de un intercambiador de calor de tubo y coraza. El intercambio energético se realiza utilizando agua de enfriamiento a 25°C.

El diseño se lleva a cabo utilizando el simulador CHEMCAD 6.1.3. Las características de las corrientes y dimensiones del equipo se detallan en la tabla 8-12.

Tabla 8-12: Datos de diseño para E-04		
Condensador E-04		
Tipo de intercambiador	Tubo y coraza	
Fabricante	AESA	
Objetivo	Condensador	
Flujo	Contracorriente	
Disposición	Tubo	K: Agua de enfriamiento
	Coraza	D: Egreso tope de columna C-01
Régimen de trabajo	Continuo	
Presión de trabajo [atm]	1	
Datos generales		
Diámetro interno de la coraza	30,480 cm	
Numero de tubos	111	
Longitud de tubos	2.44 m	
Diámetro externo de los tubos	1.905 cm	
Diámetro interno de los tubos	1.574 cm	
Arreglo de los tubos	Triangular 60º	
Espaciado de los tubos	2.380 cm	
Numero de pasos por los tubos	2	
Numero de bafles	7	
Separación centro a centro entre bafles	27,200 cm	
Segmentación de bafles	23 %	
Tipo de bafles	Simple segmentación	
Datos de transferencia de calor		
Área efectiva de transferencia	15,670 m <sup>2</sup>	
Área requerida	11,980 m <sup>2</sup>	
U(calculado/de servicio)	628,180 / 480,380 (kcal/hm <sup>2</sup> C)	
Calor calculado	658894,300 kcal/h	
Exceso de área	30,770 %	
ΔP coraza	0,240 atm	
ΔP tubos	0,250 atm	
Coeficiente de película para la coraza	1095,940 (kcal/hm <sup>2</sup> C)	
Coeficiente de película para los tubos	6502,280 (kcal/hm <sup>2</sup> C)	

Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

### 8.3.4 Intercambiador de calor E-05

La corriente de tope de la columna es condensada y luego es enviada a un decantador, este genera la separación de una fase orgánica que es retornada a la columna y una fase acuosa. Esta última se obtiene a 86,4°C y para su disposición final es necesario reducir su carga térmica. El intercambiador E-05 es el encargado de realizar dicho intercambio energético.

Dadas las ventajas de los intercambiadores de placas y al tratarse un flujo pequeño son seleccionados para esta etapa.

El diseño se lleva a cabo utilizando el simulador CHEMCAD 6.1.3. Las características de las corrientes y dimensiones del equipo se detallan en la tabla 8-13.

Intercambiador E-05	
Tipo de intercambiador	Placas
Fabricante	AESA
Material	Acero al carbono
Flujo	Contracorriente
Régimen de trabajo	Continuo
Número de placas	5
Alto de placas (m)	1
Ancho (m)	0,500
Espacio entre placas (cm)	0,300
Grosor de las placas (cm)	0,254
Número de pasos lado caliente	1
Número de pasos lado frío	1
Boquilla de entrada al lado caliente (cm)	8
Boquilla de entrada al lado frío (cm)	8
Boquilla de salida del lado caliente (cm)	8
Boquilla de salida del lado frío (cm)	8
Área calculada (m <sup>2</sup> )	1,226
Área efectiva (m <sup>2</sup> )	1,270
Área limpia calculada (m <sup>2</sup> )	0,641
Exceso de área	3,6 %
$\Delta TML$ (°C)	23,123
U calculado (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	291,000
Factor de Fouling lado caliente (hm <sup>2</sup> C/kcal)	0,00008
Factor de Fouling lado frío (hm <sup>2</sup> C/kcal)	0,00008
Calor calculado (kcal/h)	8262,445

Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

### 8.5. DECANTADOR D-01

El fluido que egresa del tope de la columna de destilación reactiva es condensado. Este está conformado por una fase acuosa y una fase orgánica que será necesario separar. La fracción orgánica retorna a la columna como reflujo, mientras que la fase acuosa es retirada.

De acuerdo con las características de los fluidos presentes y el régimen de operación necesario para el proceso, se escoge como mejor alternativa decantador gravitatorio continuo. Este tipo de decantadores se utilizan para la separación continua de dos líquidos o fases no miscibles de densidades diferentes. La mezcla de alimentación entra por un extremo del separador; los dos líquidos fluyen lentamente a través del tanque, se separan en dos capas, y descargan por los rebosaderos situados al otro extremo del separador.

Para el diseño se toma como base lo expuesta en el libro “Operaciones unitarias en ingeniería química de McCabe, W.L.; Smith, J.C.; Harriot, Serie: Ingeniería química, 2007. 7ª edición”. En este se considera que, si los rebosaderos son lo suficientemente grandes, para

que la resistencia de fricción al flujo de líquidos pueda despreciarse, y la descarga se haga a la misma presión que existe en el espacio gaseoso situado sobre el líquido del tanque, el funcionamiento del decantador puede estudiarse según los principios de la estática de fluidos.

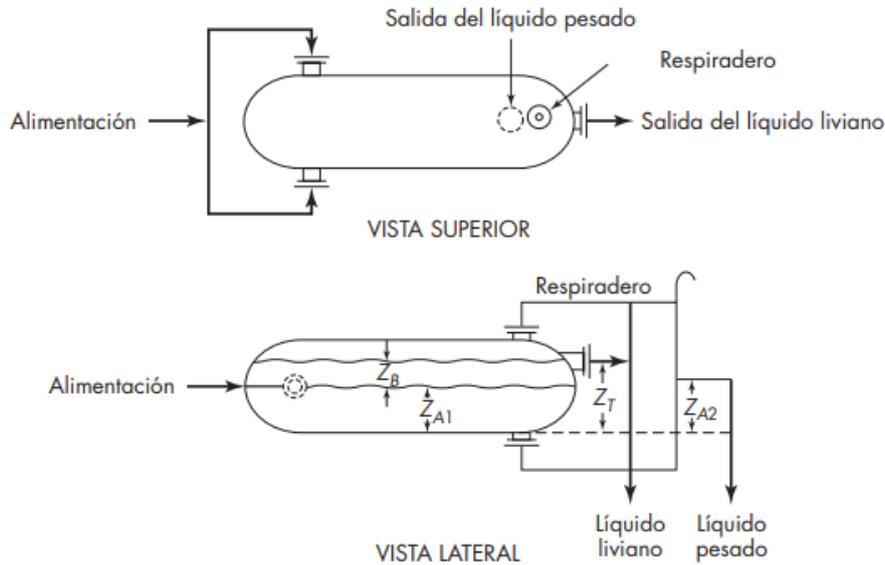


Imagen 8-5: Decantador continuo de gravedad para líquidos no miscibles. Fuente: McCabe, W.L.; Smith, J.C.; Harriot, P. Operaciones unitarias en ingeniería química. McGraw-Hill. Serie: Ingeniería química, 2007. 7ª edición.

Considerando la densidad del líquido pesado como  $\rho_A$ , fase acuosa, y la del líquido ligero  $\rho_B$ , fase orgánica. Sea  $Z_{A1}$ , la altura de la capa de líquido pesado y  $Z$ , la del líquido ligero. La altura total de líquido en el tanque  $Z_T$ , queda fijada por la posición del rebosadero para el líquido ligero. La descarga del líquido pesado se hace a través de un rebosadero conectado al fondo del tanque cuya altura sobre la base del mismo es  $Z_{A2}$ . Las conducciones de rebose y la parte superior del tanque están en comunicación con la atmósfera (McCabe, 1998). Las variables antes descritas pueden verse en la imagen 8-3.

Puesto que la resistencia de fricción al flujo es despreciable en las conducciones de descarga, la columna de líquido pesado, en el tubo por el que rebosa dicho líquido, tiene que equilibrar a la altura, ligeramente superior, de los dos líquidos del tanque (McCabe, 1998). Mediante un balance hidrostático se llega a la ecuación 8-14.

$$Z_B * \rho_B + Z_{A1} * \rho_A = Z_{A2} * \rho_A \quad (\text{Ec. 8 - 14})$$

Despejando  $Z_{A1}$ :

$$Z_{A1} = Z_{A2} - Z_B * \frac{\rho_B}{\rho_A} = Z_{A2} - (Z_T - Z_{A1}) * \frac{\rho_B}{\rho_A} \quad (\text{Ec. 8 - 15})$$

Siendo  $Z_T = Z_B + Z_{A1}$  la altura total del líquido en el tanque.

De donde:

$$Z_{A1} = \frac{Z_{A2} - Z_T * \frac{\rho_B}{\rho_A}}{1 - \frac{\rho_B}{\rho_A}} \quad (\text{Ec. 8 - 16})$$

Esta ecuación indica que la posición de la interfase líquido-líquido en el separador depende de la relación de densidades de los dos líquidos y de las alturas de los rebosaderos, siendo independiente de la velocidad de flujo de los líquidos. Indica además que cuando  $\rho_A$  y  $\rho_B$  son

aproximadamente iguales, la posición de la interfase se hace muy sensible a las variaciones de  $Z_{A2}$ , altura de la columna de líquido pesado. Para líquidos que difieren grandemente en su densidad esta altura no es muy crítica pero cuando los líquidos tienen aproximadamente la misma densidad es preciso operar con cuidado (McCabe, 1998).

La parte superior del tubo rebosadero es frecuentemente móvil, de forma que puede ajustarse durante la operación, para obtener la separación óptima. El tamaño de un decantador viene dado por el tiempo que se requiere para la separación, que a su vez depende de la diferencia entre las densidades de los dos líquidos y de la viscosidad de la fase continua (McCabe, 1998). El tiempo de separación ( $t$ ) puede estimarse a partir de la ecuación empírica 8.17 Donde  $\mu$  corresponde a la fase continua.

$$t = \frac{100 * \mu}{\rho_A - \rho_B} \quad (Ec. 8 - 17)$$

Teniendo en cuenta el tiempo necesario para la separación, las propiedades del fluido, las condiciones de seguridad y el objetivo de la operación se parte de los siguientes cálculos:

$$V_{Decantador} = V_{Cilindro} + 2 * V_{Cabezal} \quad (Ec. 8 - 18)$$

$$V_{Cilindro} = \frac{\pi * D^2}{4} * L \quad (Ec. 8 - 19)$$

$$V_{Cabezal} = \frac{\pi * D^2 * h}{6} \quad (Ec. 8 - 20)$$

$$h = \frac{D}{4} \quad (Ec. 8 - 21)$$

Dónde:

D: Diámetro del cilindro (m)

L: Longitud del cilindro (m)

h: Altura del cabezal (m)

Considerando además en base a la bibliografía consultada, una relación entre  $L/D = 3$ , se tiene que el diámetro del decantador se calcula mediante la ecuación 8.22.

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{Cilindro} * 4}{\pi * 3}} \quad (Ec. 8 - 22)$$

### 8.5.1 Cálculo de diseño

El diseño tal como se menciona anteriormente, se lleva a cabo en base al libro Operaciones Básicas de Ingeniería Química.

En la tabla 8-14 se muestran las propiedades de las corrientes involucradas en la etapa de decantación. Siendo  $D'$  los condensados del tope de la columna de destilación reactiva, E la fase orgánica que regresa como reflujo y por último, F que corresponde a la fase acuosa.

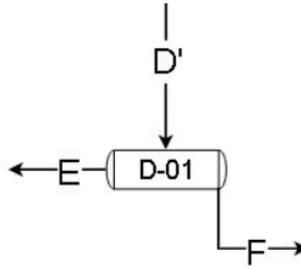


Imagen 8-4: Esquema representativo del decantador o separador de fases. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-14: Propiedades de las corrientes en D-01			
Decantador D-01			
Parámetros	Corrientes		
	D'	E	F
Temperatura (°C)	86.415	86.415	86.415
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	806.782	802.162	962.041
Viscosidad (cP)	0.391	0.406	0.330
Flujo (m <sup>3</sup> /h)	4.247	4.088	0.159
Flujo másico (kg/h)	3427.107	3273.950	153.157
Presión de trabajo (atm)	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

En base a la metodología de cálculo expuesta anteriormente se procede al cálculo de diseño.

Mediante la ecuación 8-17 se calcula el tiempo en horas necesario para llevar a cabo la separación de forma satisfactoria.

$$t = 0.254 \text{ h}$$

Luego, considerando el caudal de ingreso al decantador, corriente D', se calcula el volumen de retención.

$$V_{\text{Retención}} = 0.254 \text{ h} * 4.247 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1.078 \text{ m}^3$$

Considerando que el decantador debe estar lleno en un 95% de su volumen total, el volumen final de este es de:

$$V_{\text{cilindro}} = 1.174 \text{ m}^3$$

Para definir el resto de las dimensiones del decantador se hace uso de las ecuaciones 8-17 hasta 8-21.

$$\text{Diámetro del decantador } (D) = 1.134 \text{ m}$$

$$\text{Longitud del decantador } (L) = 2.357 \text{ m}$$

$$\text{Altura del cabezal } (h) = 0.195 \text{ m}$$

$$\text{Volumen del cabezal} = 0.062 \text{ m}^3$$

$$Volumen\ total = 1.258\ m^3$$

Como se mencionó anteriormente, la fracción del volumen de tanque ocupado por el líquido es del 95% y, para un cilindro horizontal esto quiere decir que la altura de líquido es el 90% del diámetro del tanque. Por tanto:

$$Altura\ total\ del\ liquido\ en\ el\ decantador = Z_T = 0.90 * D$$

$$Z_T = 0.704\ m$$

Se considera que la interfase está a igual distancia del fondo del tanque que de la superficie del líquido. Por lo tanto:

$$Z_{A1} = 0.352\ m$$

La descarga del líquido pesado se hace a través de un rebosadero conectado al fondo del tanque cuya altura sobre la base del mismo es  $Z_{A2}$ . Despejando de la ecuación 8.16 se obtiene la altura del rebosadero de líquido pesado.

$$Z_{A2} = 0.645\ m$$

En la tabla a continuación se detallan todos los parámetros de diseño antes mencionados.

Tabla 8-15: Decantador D-01	
Parámetros de diseño D-01	
Tipo de decantador	Gravitatorio continuo
Fabricante	Aerotan SA
Material de construcción	Acero AISI 316
Orientación	Horizontal
Temperatura de operación (°C)	86-87
Tiempo de residencia (min)	15,24
Retención total (m <sup>3</sup> )	1,078
Porcentaje de llenado	95%
Volumen del cilindro (m <sup>3</sup> )	1,134
Relación de esbeltez (L/D)	3
Diámetro (m)	1,134
Longitud (m)	2,357
Altura del cabezal (m)	0,195
Volumen del cabezal (m <sup>3</sup> )	0,062
Volumen total del decantador (m <sup>3</sup> )	1,258
Altura total del líquido – $Z_T$ (m)	0,704
Altura de la capa de líquido pesado - $Z_{A1}$ (m)	0,352
Altura de la capa de líquido liviano - $Z_B$ (m)	0,352
Altura de la descarga del líquido pesado - $Z_{A2}$ (m)	0,645
Diámetro Interno boquilla de ingreso (cm)	3
Diámetro Interno boquilla egreso - corriente F (cm)	0,7
Diámetro Interno boquilla egreso - corriente E (cm)	2.85
Espesor de pared	6,35 mm (1/4")
Diámetro boca de hombre	60 cm
Material aislante	Fibra de vidrio

Esesor de aislante (cm)	5,7
-------------------------	-----

Fuente: *Elaboración propia.*

Debido a que es importante conservar la temperatura de la corriente de fase orgánica, ya que esta regresa a la columna de destilación reactiva y lo debe hacer con la menos perturbación posible, se decide colocar un aislante al equipo.

El aislamiento térmico es un método que consiste en recubrir una superficie con materiales aislantes con la finalidad de proporcionar resistencia al flujo de calor y reducir la transferencia del mismo al exterior. (Margarida, 1983)

Los materiales aislantes se caracterizan por presentar una baja conductividad térmica, debido a que son materiales que contienen cámaras llenas de gas, y por ende no favorecen la transferencia calor. (Margarida, 1983)

El material seleccionado como más adecuado para el aislamiento fue la fibra de vidrio debido a que este material es el más utilizado a nivel industria I, es 100% reciclable, no contamina y es un producto inerte tanto para la naturaleza, como para el ser humano. Es un producto atóxico, no cancerígeno y no es perjudicial para la salud.

En base a la información proporcionada por los fabricantes, se estima el espesor requerido según la temperatura de trabajo, tal como se muestra en la imagen 8-5. Tomando un promedio del espesor recomendado comprendido entre las temperaturas de trabajo de 65°C y 121°C de 57mm, equivalentes a 5,7cm.

**ESPESOR RECOMENDADO DE AISLAMIENTO**

Aislamiento para equipos y superficies planas calientes esesor recomendado en pulgadas							
Temperatura de Operación		Espesor Recomendado		Temperatura Superficial		Ahorro Energía BTU/hr.m <sup>2</sup>	Eficiencia Alojamiento %
°F	°C	(Pulg)	mm	(°F)	°C		
150	65	1.5	38	89	32	1511	93.8
250	121	3.0	76	94	34	4726	96.9
350	176	3.0	76	104	40	9115	97.2
450	232	3.5	89	112	44	15009	97.7
550	288	4.0	102	119	48	22694	98.1
650	343	4.5	114	127	53	32537	98.3
750	399	4.5	114	139	59	44885	98.4
850	454	5.0	127	147	64	60326	98.6
900	482	5.5	140	149	65	69376	98.8
950	510	6.0	152	151	66	79374	98.9

Imagen 8-6: Espesores de aislamiento recomendados. Fuente: *Insul Quick aislamientos industriales.*

**8.6 COLUMNA DE DESTILACIÓN REACTIVA - C-01**

La concepción de la destilación reactiva fue reportada por primera vez en 1921, y ha recibido cada vez más atenciones, especialmente por reacciones reversibles limitadas por el equilibrio. La adición de una función de separación in situ en un reactor conduce a varios beneficios, entre ellos, un significativo ahorro de capital, una conversión mejorada de reactivo acercándose al 100%, que a su vez representa una reducción de los costos de recuperación de reactivo no consumido, disminución de reacciones secundarias y, por tanto, una selectividad mejorada para los productos deseados.

Es importante mencionar que este mecanismo de obtención es más amigable con el medio ambiente comparado con el proceso convencional y que además el acetato producido es de baja toxicidad y respetuoso con el medio ambiente en comparación con otros ésteres.

El BuOAc es sintetizado mediante esterificación por ácido acético y n-butanol con catalizador ácido. Debido a que la reacción es reversible, la conversión se encuentra limitada por el equilibrio químico, pero al retirar los productos durante la reacción es beneficioso para mejorar la conversión.

Por las ventajas mencionadas se escoge para este proyecto el uso de una columna de destilación reactiva.

### 8.6.1 Perfil de temperaturas

Como en toda operación de separación de dos líquidos miscibles, que tenga como propósito hacerlo a través de la diferencia entre puntos de ebullición y volatilidades de los líquidos, una herramienta fundamental para el control de la operación es el perfil de temperaturas. En destilaciones convencionales se puede asegurar que la separación está siendo correcta si a cada etapa le corresponde una determinada temperatura. Cuando en la última etapa teórica de una columna se tienen temperaturas inmediatamente superiores al punto de ebullición (a un valor de presión establecido) del producto destilado, se está asegurando la no existencia del destilado en el fondo y esto es un indicio de un buen rendimiento de la operación. De la misma forma, conocer las temperaturas intermedias a lo largo de toda la torre, es útil para conocer la situación de los componentes en todo el equipo.

Dentro de la destilación reactiva, el perfil de temperaturas, es una herramienta fundamental. Permite el mismo control dado que y además se puede observar en él, la actividad en cada etapa de manera diferenciada.

En el capítulo VI, dónde se explica la selección del proceso, se mencionan 3 etapas en la misma columna. Una zona de rectificación que está contemplada dentro de las primeras etapas teóricas y representa la zona de bajas temperaturas, una de reacción con temperaturas intermedias y una de agotamiento, la más caliente, localizada en el fondo de la columna.

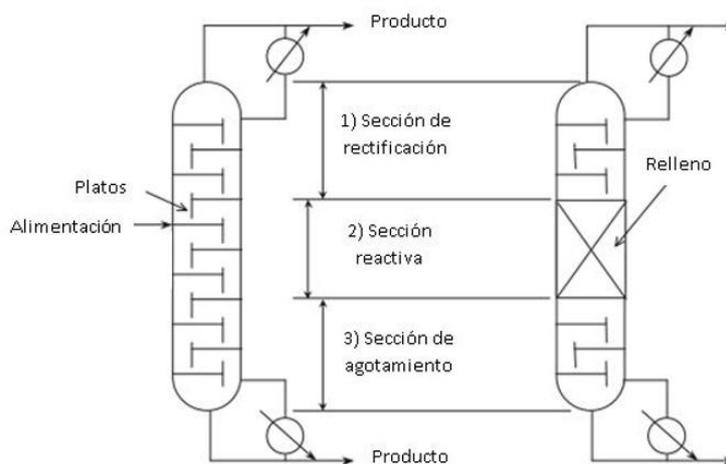


Imagen 8-7: Zonas de rectificación, reacción y agotamiento en una columna de DR. Fuente Modeling reactive distillation dynamics, Richard Baur. 2000.

La simulación en Chemcad ofrece un resultado favorable cuando se le precisan 18 etapas teóricas y devuelve el perfil de temperaturas que se muestra en el gráfico 8-1. Esta, será empleada para poder determinar las etapas teóricas, desde dónde y hasta dónde van.

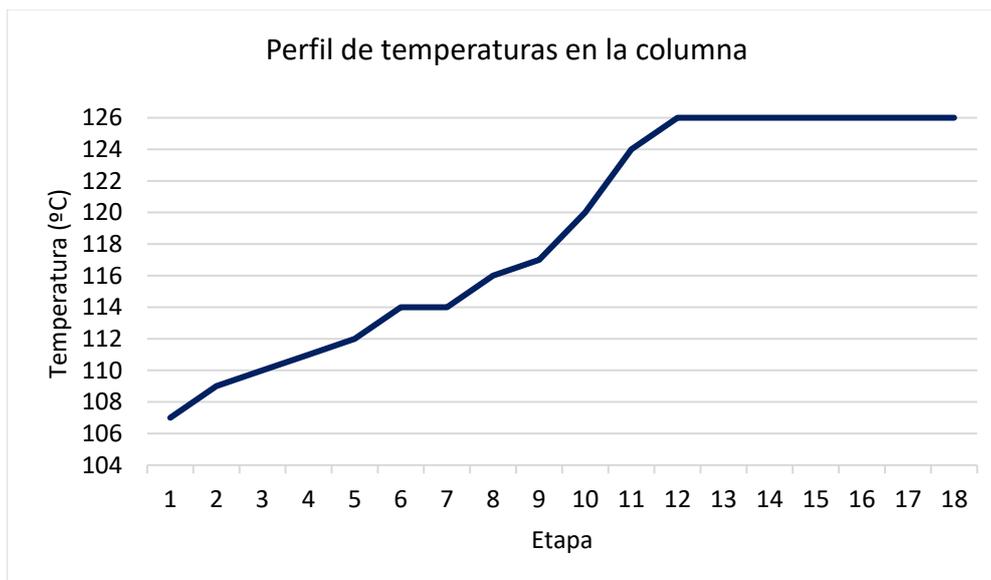


Gráfico 8-1: Perfil de temperaturas de la simulación de la columna. Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

De acuerdo al análisis del gráfico 8-6 y con el propósito de modificar lo menos posible el equilibrio líquido-vapor de cada etapa, se asigna a la etapa número 5 como etapa teórica de alimentación de la mezcla de reactantes. Se observa un leve incremento de la pendiente de la curva plasmada en la etapa 6, aquí comienza la etapa de reacción dado que en el estado estacionario la liberación moderada de calor de la propia reacción produce el incremento observado.

Un punto importante para considerar es que la reacción se produce en fase líquida. Esto es propicio para definir el límite entre la zona de reacción y agotamiento. El punto de ebullición de la mezcla de reactantes a presión de trabajo es igual a 117°C, lo que define a la etapa número 9 como la primera etapa teórica de los 8 restantes que contempla la zona de agotamiento, mientras que la zona de rectificación comprende las primeras 4 etapas teóricas de la columna.

Cabe destacar que la numeración de etapas es creciente en sentido descendiente. De forma tal que la etapa teórica 18 corresponde al rehervidor y la etapa 0 al condensador.

En conclusión, la tabla 8-16 muestra el perfil de la columna a diseñar.

Tabla 8-16: Distribución de las etapas en la columna

	Etapas	Zona
	Condensador	
	1	Rectificación
	2	
	3	
	4	
	5	Reacción
	6	
	7	
	8	
	9	Agotamiento
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
	16	
17	Rehervidor	

Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

### 8.6.2 Zona de rectificación

Debido al alto grado de separación entre la mezcla resultante de la reacción, la zona de rectificación recibe en su primera etapa teórica el reflujo proveniente del condensador. Dicho reflujo, es la fase liviana que se logra separar en el decantador.

Independientemente de la operación de separación de fases livianas y pesadas, el condensador como primera etapa constituyente del sistema, por fuera de la columna, logra el reflujo en estado líquido que es necesario para favorecer mayor grado de separación. Esta corriente rica en el componente menos volátil (Acetato de n-butilo) con flujo descendente sobre la columna, se pone en contacto con la corriente de vapores ascendentes rica en el componente más volátil, el agua, produciéndose el intercambio de materia necesario. El agua, se transfiere al vapor y el acetato al líquido.

El gráfico 8-2 muestra el flujo en contracorriente entre líquido enriquecido en acetato de n-butilo y el vapor rico en agua. Las primeras etapas de la columna, donde la diferencia de concentraciones de los componentes es lo suficientemente grande como para provocar la transferencia de materia, corresponde justamente a las etapas de rectificación. Se observa, además, que a medida que se desciende en la columna la composición de acetato se reafirma en los fondos con valores de fracción molar que se posicionan en la unidad y por el contrario se encuentra más agua, que es el producto destilado, en las cercanías del tope.

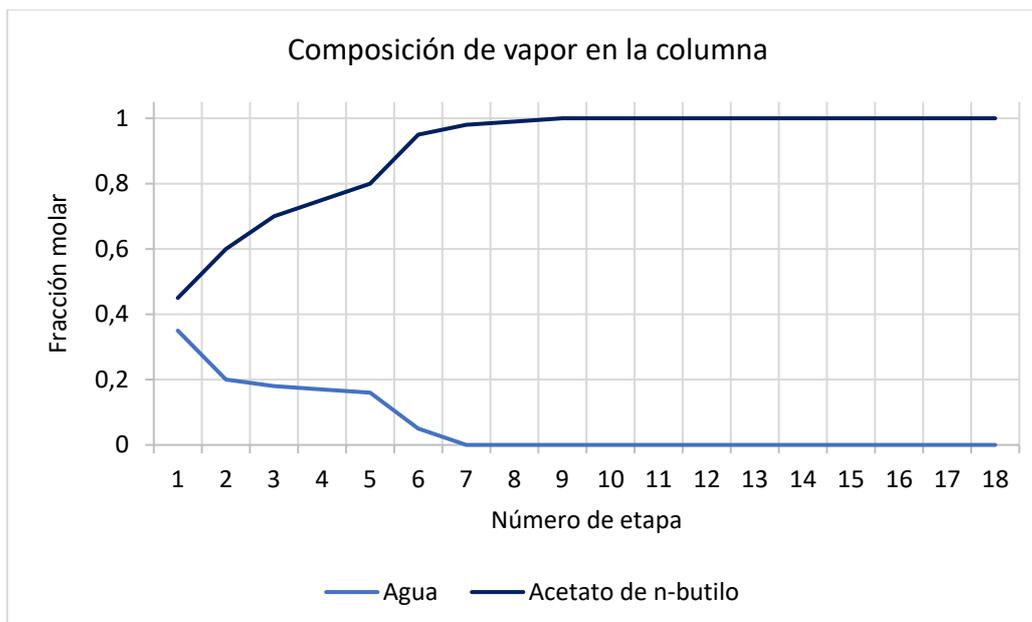


Gráfico 8-2: Composición del vapor a lo largo de la columna. Fuente: Software de simulación CHEMCAD 6.1.3. Elaboración propia.

Los criterios básicos de diseño son tomados en base al autor Robert E. Treybal, en el libro “Operaciones de transferencia de masa”. Según Treybal el número de platos o etapas teóricas en una columna sólo depende de lo complicado de la separación que se desarrollaría. La eficiencia de la etapa o plato y por lo tanto el número de platos reales se determina por el diseño mecánico utilizado y las condiciones de operación.

Las dimensiones de la columna son tomadas en base a factores y consideraciones de la operación. La dimensión más importante, donde hay influencia de estos factores es el diámetro de la columna.

Las placas se definieron como de tipo perforado según, este tipo es el más simple entre las placas de flujo cruzado. (SINNOTT, 2005). Una vez que se ha determinado la cantidad de etapas requeridas el problema principal en el diseño de la torre es escoger las dimensiones y arreglos que representarán la mejor combinación de varias tendencias opuestas; en efecto, por lo general las condiciones que llevan a elevadas eficiencias de platos también conducen a dificultades de la operación.

Con el fin de que la eficiencia de etapas o platos sea elevada, el tiempo de contacto debe ser largo y la superficie interfacial entre las fases debe ser grande; además se requiere que la turbulencia sea de intensidad relativamente alta para obtener elevados coeficientes de transferencia de masa. Con el fin de que el tiempo de contacto sea prolongado, la laguna líquida sobre cada plato debe ser profunda, de tal modo que las burbujas de gas tarden un tiempo relativamente alto para ascender a través del líquido. Cuando el gas se burbujea lentamente a través de los orificios en el plato, las burbujas son grandes, la superficie interfacial de volumen de gas es pequeña, el líquido está relativamente tranquilo y gran parte del mismo puede pasar sobre el plato sin siquiera haberse puesto en contacto con el gas. Por lo contrario, cuando la velocidad del gas es relativamente alta, se dispersa totalmente en el líquido. Esto proporciona áreas interfaciales grandes. En consecuencia, para que los platos sean de eficiencia elevada, se requieren lagunas profundas del líquido y velocidades relativamente altas del gas. (Treybal, 1990)

Pueden resumirse estas tendencias opuestas como sigue. La profundidad elevada del líquido en los platos proporciona eficiencias de platos elevadas mediante tiempos largos de contacto, pero también causa una caída de presión alta por plato. Las velocidades elevadas del gas, dentro de límites razonables, proporcionan buen contacto vapor-líquido mediante dispersión excelente, pero ocasionan excesiva entrada del líquido al gas y una caída alta de presión. Pueden ocurrir otras condiciones indeseables. A muy baja rapidez del líquido, el gas ascendente a través de los orificios del plato puede empujar al líquido hacia afuera y es malo el contacto entre el gas y el líquido. Si el flujo del gas es muy bajo, parte del líquido caerá a través de los orificios del plato (lloriqueo); a causa de este lloriqueo se fracasará en obtener el beneficio de flujo completo sobre los platos; además a flujo muy lento del gas, nada del líquido alcanza las tuberías descendentes. (Treybal, 1990)

El diámetro de la columna y en consecuencia, su área transversal, quedan definidos para todas las etapas a través de la zona de rectificación. Esto se debe a que la primera etapa teórica dentro de la torre recibe una cantidad significativa de reflujo líquido. La inundación, o *hold up* según algunos autores, será el primer factor por considerar y tiene que ver con la capacidad de retención de líquido del equipo. Este inundamiento, expresado en altura de líquido en la etapa, no deben ser menores de 50 mm ni mayor a 150 mm para asegurar la correcta operación. Un valor muy común empleado para el diseño es de 100 mm y será el valor adoptado para el diseño de esta columna.

Además de adoptar 0.1 m como altura del líquido en el plato, se adopta en la simulación un volumen igual a 20 litros o 0.02 m<sup>3</sup> de líquido por plato. Estos dos parámetros confluyen en la ecuación 8-23 para dar a conocer el diámetro del plato.

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4} \quad Ec (8 - 23)$$

Dónde *h* corresponde a la altura del líquido que se conoce por adopción, *V* representa el volumen total de líquido en el plato y *D* es el diámetro del plato. Por lo tanto:

$$D = \sqrt{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{0.02m^3 \cdot 4}{\pi \cdot 0.1m}} = 0.504 m$$

El diámetro de plato y por consiguiente el de toda la columna es igual a 0.504 m.

### 8.6.2.1 Tipo de plato

Platos perforados: La parte principal del plato es una hoja horizontal de metal perforado, transversal al cuál fluye el líquido; el gas pasa en forma ascendente a través de las perforaciones. El gas, dispersado por las perforaciones, expande el líquido en una espuma turbulenta, que se caracteriza por una superficie interfacial muy grande con respecto a la transferencia de masa. Los platos están sujetos a inundaciones, debido a la elevación del líquido en los vertederos o a un excesivo arrastre del líquido en el gas por espumado, como se describió antes. (Treybal, 1990)

La imagen 8-8, representa el diseño del tipo de plato perforado y específicamente todos los detalles que deben asumirse al momento de diseñar íntegramente los platos. Es importante destacar que cada plato cuenta con rebosadero o derramadero en el lado opuesto al rebosadero del plato anterior. La idea es generar turbulencia mediante una circulación del líquido que hace que recorra toda la sección del plato.

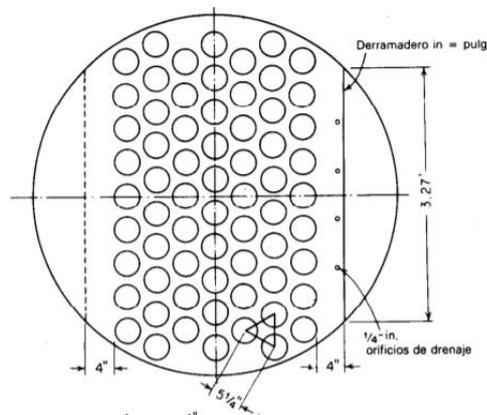


Imagen 8-8: Representación esquemática del diseño de un plato de tipo perforado. Fuente: Operaciones de transferencia de masa. Robert E. Treybal

- Perforaciones: Ordinariamente, el espesor de la hoja es un medio el diámetro del orificio para acero inoxidable. Esta relación vinculada al material de construcción puede verse tabulada en la imagen 8-7.

Tabla 8-16: Diámetro del orificio y espesor del plato			
Diámetro del orificio		Espesor del plato/diámetro del orificio	
mm	in	Acero inoxidable	Acero al carbono
3,000	1/8	0,650	-
4,500	3/16	0,430	-
6,000	1/4	0,320	-
9,000	3/8	0,220	0,500
12,000	1/2	0,160	0,380
15,000	5/8	0,170	0,300
18,000	3/4	0,110	0,250

Tabla 8-16: Relación entre diámetro de perforaciones según espesor del plato y material. Fuente: Operaciones de transferencia de masa. Robert E. Treybal

- Disposición de las perforaciones: Los orificios son dispuestos en los vértices de triángulos equiláteros a distancias entre los centros de 2.5 a 5 diámetros de orificios.
- Derramadero: Se pretende conocer la longitud efectiva del mismo. Treybal cita en el texto que es muy común la relación entre diámetro del plato (D) y longitud del derramadero (W) dada por la ecuación 8-22.

$$\frac{w}{D} = 0.7 \quad Ec(8 - 24)$$

- Profundidad del líquido: Ya adoptada anteriormente

Tabla 8-17: Profundidad del líquido	
Mínimo	Máximo
50 mm (2 in)	100 mm (4 in)

Tabla 8-17: Rango de valores posibles para alturas de líquido en cada plato. Fuente: Operaciones de transferencia de masa. Robert E. Treybal

- Distancia entre platos: La distancia típica entre platos en una columna de destilación reactiva es de 0,609m. (William L. Luyben , Cheng-Ching Yu, 2008). Tomando este criterio y revisando la propuesta de Treybal, se reafirma dicho valor para la localización de cada plato.

Diámetro de torre		Espaciamento de torre	
m	ft	m	in
-	-	0,150	6 mínimo
1 o menos	4 o menos	0,500	20
1 a 3	4 a 10	0,600	24
3 a 4	10 a 12	0,750	30
4 a 8	12 a 24	0,900	36

Tabla 8-18: Distancias para adoptar entre platos de la torre. Fuente: Operaciones de transferencia de masa. Robert E. Treybal.

Finalmente, los primeros parámetros de diseño quedan definidos para la sección de rectificación y se detallan en la tabla 8-19.

Etapas	5	
Ubicación	Condensador - 1 - 2 - 3 y 4	
Tipo	Platos perforados	
Diseño de platos	Diámetro del plato (m)	0,504
	Altura del líquido (m)	0,1
	Distancia entre platos (m)	0,609
	Espesor del plato (m)	0,003
	Longitud derramadero (m)	0,352
	Arreglo	Triangular
	Distancia entre perforaciones (m)	0,038
	Diámetro de perforación (m)	0,015
Material	Acero inoxidable	

Fuente: Elaboración propia

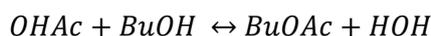
### 8.6.3 Zona de reacción

La zona reactiva dentro de la columna es el lugar acondicionado para que se lleve adelante la reacción. A diferencia de un reactor donde se detalla un tiempo de residencia, un volumen necesario y valores de conversión inicial y final, en el estado estacionario, nunca se alcanza una condición de equilibrio que permite definir las variables habituales de diseño de un reactor. La conversión de los reactivos se lleva a cabo simultáneamente con la separación de los productos y es por esto que el equilibrio de la reacción no queda definido, sino que se corre constantemente hacia el lado de los productos, es decir, favoreciendo la reacción directa y alcanzando valores altos de conversión. Este es el principio, en conjunto del ahorro energético, que hace más atractiva a la destilación reactiva para la obtención de este tipo de productos.

#### 8.6.3.1 Cinética de la reacción y catálisis

En la simulación del proceso, el módulo SCDS de destilación permite diseñar una DR y uno de los parámetros fundamentales con los que se tiene que contar, es la cinética de la reacción.

La ecuación de velocidad de reacción que fue definida e ingresada al simulador es la correspondiente a la velocidad de reacción cuando el ácido acético junto con el n-butanol se convierten en un medio catalizado con una resina de naturaleza ácida. Se emplea una resina polimérica macrorreticular de ácido sulfónico fuertemente ácida basada en copolímeros de estireno divinilbenceno reticulados con denominación comercial Amberlyst 15. Para el presente trabajo se adoptó el modelo pseudohomogéneo desarrollado por (STEINIGEWEG & GMEHLING, 2002) presentado en la ecuación 8-25 que expresa la tasa de velocidad de reacción de esterificación. Según la ecuación de formación:



$$r = \frac{1}{m_{cat}} \frac{1}{v_i} \frac{dn_i}{dt} = k_1[OHAc][BuOH] - k_{-1}[BuOAc][HOH] \quad Ec(8 - 25)$$

En el modelo elegido, los autores expresan las constantes de reacción en función de la temperatura utilizando la Ley de Arrhenius, como se muestra en la Ecuación 8-24. Los valores de los parámetros contenidos en la Ley de Arrhenius se muestran en la tabla 8-20.

Tabla 8-20: Parámetros de la cinética de reacción		
Reacción	$k_i$ (mol/g*s)	$E_{A,i}$ (kJ/mol)
Esterificación o directa	61084	56,67
Hidrólisis o inversa	98420	67,66

Tabla 8-20: Parámetros de cinética de reacción. Fuente Steinigweg y Gmehling (2002).

Por lo tanto, el valor de K puede estimarse por la aplicación de la ley de Arrhenius mediante la ecuación 8-26.

$$k_i = k_i^0 * e^{\left(\frac{-E_{A,i}}{RT}\right)} \quad Ec(8 - 26)$$

Cuando se alcanzan altos valores de conversión de los reactivos o de un reactivo como referencia y alta pureza del producto en la simulación, se concluyen ciertos parámetros para el diseño de la columna. Estos mismos parámetros son los que van a condicionar a la zona de reacción. No se puede elegir un volumen libremente, pero si se ha adoptado que cada etapa de toda la columna deberá tener 20 litros de líquido para favorecer la reacción en fase líquida. La masa de catalizador se calcula de acuerdo con la retención de líquido especificada para cada etapa reactiva. Esto significa que el volumen de líquido proyectado para cada etapa reactiva se utilizó como referencia para calcular la cantidad de catalizador mediante la ecuación 8-27. Algunas de las propiedades del mismo, son detalladas en la tabla 8-21. (DOW, 2013)

$$m_{cat} = V \cdot \rho_{cat} \quad Ec(8 - 27)$$

Tabla 8-21: Características y propiedades del Amberlyst 15		
Propiedades generales del catalizador		
Forma física	Perlas opacas	
Forma iónica de transporte	Hidrógeno	
Concentración de sitios activos	$\geq 21,7$ eq/l $\leq 4,7$ eq/kg	
Capacidad de retención	52 a 57%	
Densidad	780 kg/m <sup>3</sup>	
Tamaño de partícula		
Coeficiente de uniformidad	$\leq 1,70$	
Tamaño medio	0,600 hasta 0,850 mm	
Perlas gruesas	1,180 mm: 5,0% máximo	
Área de superficie	53 m <sup>2</sup> /g	
Diámetro medio de poro	300 Å	
Volumen total de poros	0,40 ml/g	
Condiciones específicas de funcionamiento		
Temperatura máxima de trabajo	130°C	
Profundidad mínima de lecho	1000 mm	
Límite de caída de presión	1 bar	
Rango de pH	0 a 14	
Regenerantes	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Tasa de flujo (BV/h)	4 a 8	4 a 8
Concentración (5%)	4 a 10	1 hasta 5
Nivel (g/l)	40 a 100	40 a 200
Tiempo mínimo de contacto	30 min	

Tabla 8-21: Propiedad y características generales del catalizador. Fuente: Dow. Product data sheet.

La zona de reacción está perfectamente diferenciada de las otras dos debido a la presencia del catalizador. A modo de incrementar la superficie de contacto entre los reactantes, se decide que las etapas que constituyen la zona de transformación sean de relleno o lecho empacado. Dicho lecho, contiene en su estructura, al catalizador.

Cantidad de catalizador, volumen de líquido y altura de relleno serán los 3 parámetros que definen una etapa reactiva para esta zona.

#### 8.6.3.2 Relleno y estimación de altura equivalente por etapa reactiva

Katapak-SP es un tipo de relleno desarrollado específicamente para procesos de destilación reactiva por Sulzer. Tienen la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de proceso específico a través de la variación de la fracción de volumen de catalizador. Han sido empleados con éxito en procesos como la hidrólisis del acetato de metilo, en la síntesis de acetatos y ésteres de ácidos grasos, producción de MTBE, ETBE y TAME. (Chemtech Sulzer, 2008). La imagen 8-9 muestra una imagen típica del relleno en particular.

**Katapak-SP**  
For reactive distillation

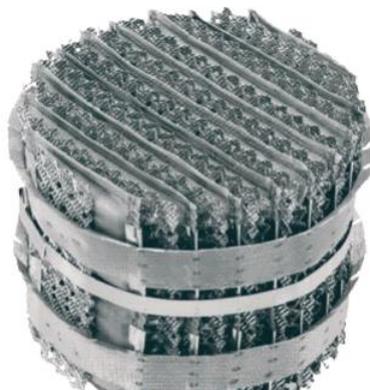


Imagen 8-9: Katapak-SP. Relleno de torres para destilación reactiva. Fuente: Sulzer.

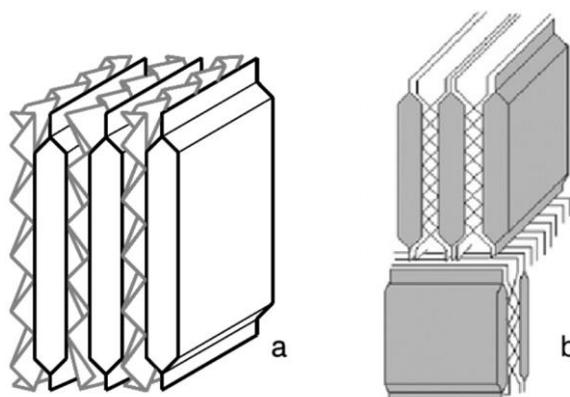


Imagen 8-10: (a) Estructura general de las partes que componen el relleno Katapak-SP. (b) Representación de la localización del catalizador dentro del relleno (Zonas grises) Fuente: www.researchgate.net.

La imagen 8-9 muestra que es un tipo de empaque ordenado con dos zonas claramente diferenciadas. Según la imagen 8-10 (a) y (b) se distingue primero una zona de láminas metálicas plegadas por donde ocurre la separación principalmente y un espacio en sin estas laminas que propician el lugar para la residencia de catalizador. Ambas zonas ubicadas de manera alterna. Las principales propiedades de interés del tipo de empaque según fabricante se explican en la tabla 8-22.

Tabla 8-22: Características principales del empaque Katapak-SP	
Propiedades	Valor
Superficie específica (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	282
Porosidad del empaque	0,820
Porosidad del lecho dentro de las cestas catalíticas	0,385
Fracción de volumen de las cestas catalíticas en el empaque	0,300

Fuente: Sulzer.

El hecho de que las etapas reactivas sean de naturaleza diferente a las del resto de la columna, no debe hacer pensar que es para un único fin diferente a la separación. Por estas etapas también se produce. El propósito de agregar relleno en esta etapa es favorecer el contacto entre reactivos y catalizador el mismo tiempo que debe seguir asegurando la rectificación. Esta premisa concluye en la idea de que, para asegurar la destilación, el relleno

como tal debe seguir cumpliendo las mismas especificaciones técnicas de separación en flujos cruzados que la de los platos perforados. Es para ello, que se recurre a las especificaciones técnicas del proveedor para conocer el HETP (High Equivalent to a Theoretical Plate) que representa el coeficiente de altura equivalente para producir los mismos efectos que los platos mediante la ecuación 8-28.

$$\text{Altura de relleno } h_R = \text{Número de etapas de equilibrio} * \text{HETP} \quad \text{Ec}(8 - 28)$$

El valor de HETP depende del tipo de relleno, de su tamaño, de la velocidad del gas, y de las propiedades de los compuestos a separar. Cuanto mayor es el valor del HETP menor es la eficiencia del relleno utilizado. Si la velocidad del gas es baja, el valor de HETP es generalmente más alto debido a que el relleno tenderá a estar parcialmente inundado. (Chemtech Sulzer, 2008)

Para estimar el valor de dicho coeficiente, se recurre a la información técnica que brinda el fabricante, en este caso, un diagrama donde hace la comparación entre la velocidad del flujo del gas y el HETP a un valor de presión en el tope de la columna dado.

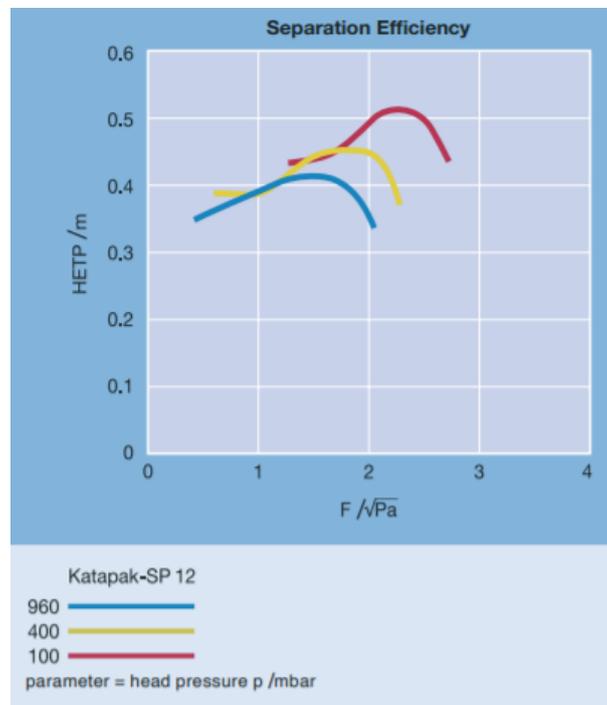


Imagen 8-11: Comparación entre flujo del vapor vs coeficiente de longitud equivalente para relleno Katapak. Fuente: Sulzer.

Para estimar el HETP, se considera:

F: Velocidad de flujo del gas (m/s): Se calcula mediante datos que devuelve Chemcad. Se establece el caudal volumétrico de la etapa teórica número 8 y su área. Última etapa de la zona de reacción en zona descendiente y primera etapa de relleno que atraviesa el vapor ascendente. Independientemente de tener valores de caída de presión muy bajos en cada etapa y en toda la columna, se establece este plato como base de cálculo para velocidad de flujo debido a que es donde más alta sería en caso de que la caída de presión fuera significativa.

Presión en el tope de la columna: 1 atm.

Todos los datos empleados se detallan en la tabla 8-22.

$$F = \frac{Q}{A} \quad Ec(8 - 29)$$

$$F = \frac{1582 \frac{m^3}{h}}{0.1995 m^2} * \frac{1h}{3600 s} = 2.20 \frac{m}{s}$$

La estimación para la velocidad de flujo dada, y la presión de tope arrojan un valor de HETP = 0.34 de modo que empleando la ecuación 8-28.

$$h_R = 4 * 0.34 = 1.36$$

Lo que implica que las 4 etapas contempladas en la zona de reacción están representadas por 1.36 m de relleno bajo las mismas condiciones de operación. Cabe destacar que la altura que existe entre la primera etapa teórica de la zona de agotamiento y la cara inferior del lecho relleno es igual a la correspondiente entre platos perforados, 0.609 m. De la misma forma, entre la cara superior de relleno y última etapa de la zona de rectificación, se asume el mismo valor.

Como se menciona con anterioridad, la altura equivalente es la altura mínima de relleno que debe tener este tipo de etapa para que los efectos de separación sean los mismos que la de los platos perforados. El tener que respetar un volumen de líquido existente en cada etapa reactiva al mismo tiempo que este queda condicionado por el diámetro de la columna, conduce a diseñar un volumen mayor de cada etapa dado el volumen que ocupa el catalizador y el relleno en sí.

En consecuencia, se busca un volumen útil de 0.02 m<sup>3</sup> dónde están contemplado los volúmenes del empaque y el catalizador en el interior de las cestas catalíticas a los fines de encontrar el volumen final de cada etapa reactiva. Sea la ecuación 8-30:

$$V_U = V_T - V_R - V_C \quad Ec(8 - 30)$$

Dónde

V<sub>T</sub>: Volumen total de la etapa

V<sub>U</sub>: Volumen útil necesario (0.02m<sup>3</sup>)

V<sub>R</sub>: Volumen de relleno

V<sub>C</sub>: Volumen de catalizador

El volumen total de la etapa se calcula como si fuera el de un cilindro que contempla relleno y catalizador para el cual, el volumen del relleno y de catalizador se pueden conocer a través de sus porosidades.

$$V_R = V_T * (1 - \epsilon_R) \quad Ec(8 - 31)$$

$$V_C = V_T * (1 - \epsilon_C) \quad Ec(8 - 32)$$

Cabe aclarar que la porosidad, no es la porosidad efectiva del catalizador sino la de las celdas catalíticas cuando están llenas con el mismo. Ambos valores de porosidades son citados de las respectivas fichas técnicas del relleno y catalizador.

Combinando las ecuaciones 8-30, 8-31 y 8-32 resulta:

$$V_U = V_T - V_T * (1 - \epsilon_R) - V_T * (1 - \epsilon_C) \quad \text{Ec}(8 - 33)$$

Reordenando:

$$V_U = V_T * [1 - (1 - \epsilon_R) - (1 - \epsilon_C)] \quad \text{Ec}(8 - 34)$$

Si se sabe que:

Porosidad del relleno ( $\epsilon_R$ ): 0.820

Porosidad de la celda catalítica ( $\epsilon_C$ ): 0.385

El volumen total, que resulta de despejarlo de la ecuación 8-34, es igual a 0.097 m<sup>3</sup>.

Conocido el volumen total se recurre a determinar el volumen del cilindro empacado que representa una etapa teórica.

$$V_T = \pi * r^2 * h \quad \text{Ec}(8 - 35)$$

Dónde h representa la altura final de empaque para cada etapa reactiva y se calcula:

$$h = \frac{V_T}{\pi * r^2} = \frac{0.097 \text{ m}^3}{\pi * 0.063 \text{ m}^2} = 0.490 \text{ m}$$

Cada etapa teórica está representada por 0.490 m de altura de empaque lo que, en total para toda la columna, la zona reactiva representa un total de 1.960 m.

Previo al estudio completo de la selección del relleno y cálculo de altura equivalente se deja claro en la ecuación 8-27 la forma para determinar la cantidad de catalizador presente en las etapas reactivas. Se define que esta cantidad, será la mínima necesaria para generar el máximo contacto posible con los reactivos. Se asume que el volumen de las cestas catalíticas está inundado de líquido y a su vez completamente llenas del Amberlyst 15. Conociendo el volumen a ocupar por el catalizador y sus propiedades, se puede determinar la cantidad.

Se conoce que la fracción de volumen de las celdas sobre todo el relleno es 0.3. El volumen total de una etapa reactiva se corresponde a 0.097 m<sup>3</sup> por lo que es posible asegurar que el 30% de todo ese volumen corresponde al disponible para catalizador. Esto se representa mediante la ecuación 8-36.

$$V_C = V_T * 0.3 * (1 - 0.385) = 0.017 \text{ m}^3 \quad \text{Ec}(8 - 36)$$

Según la ya mencionada ecuación 8-27, se establece que:

$$m_{\text{cat}} = V \cdot \rho_{\text{cat}} = 0.017 \text{ m}^3 * 780 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 13.26 \text{ kg}$$

Son necesarios 13.26 kg de catalizador por cada etapa reactiva, por lo que, sumando sobre un total de 4 etapas, la columna posee 53.04 kg de catalizador Amberlyst 15 contenido en las celdas catalíticas que dispone el tipo de relleno electo.

Dentro de las consideraciones finales sobre esta etapa de la columna, se puede agregar que existe un sobredimensionamiento de la zona reactiva. La simulación muestra que no existe ácido acético en las etapas 7 y 8, e incluso, en la etapa 6 es muy bajo. Esto se debe a que reacciona casi completamente en la primera etapa, que es la etapa de alimentación 5 sin embargo, se decide ampliar la zona de reacción a los fines de no acotar el volumen disponible para la reacción en un intervalo de etapas menor por la simple razón de asegurar la existencia

de la conversión ante situaciones adversas de operación. A modo de ejemplo, puede pasar que el perfil de temperatura caiga, esto hace que cada etapa teórica tenga una temperatura más baja, y, por consiguiente, las primeras etapas reactivas estarían con una temperatura inferior a la de reacción. Agregar etapas teóricas por debajo, permite que las condiciones de reacción, como en este caso la temperatura, no se vea afectada. En la tabla 8-23 se observa una tabla con la disposición final del diseño de la zona de reacción.

Tabla 8-23: Parámetros de diseño para la zona de reacción		
Etapas	4	
Ubicación	5 - 6 - 7 y 8	
Tipo	Relleno o lecho empacado regular	
Diseño de lecho empacado	Denominación	Katapak-SP 12
	Altura equivalente para separación (m)	0,34 por etapa
	Altura de etapa reactiva (m)	0,49
	Volumen total de cada etapa (m <sup>3</sup> )	0,097
	Volumen total (m <sup>3</sup> )	0,388
	Cantidad de catalizador (kg)	13,26 por etapa

Fuente: Elaboración propia.

#### 8.6.4 Zona de agotamiento

Contemplada en el fondo de la columna, con mayor cantidad de etapas teóricas, la zona de agotamiento recibe de la última etapa, el rehervidor, el vapor de acetato de n-butilo, razón por la cual se mantienen las temperaturas más altas de toda la torre. Se sabe que por el fondo se obtiene el producto principal, por lo que ha de esperarse que en términos de fracciones molares la zona de agotamiento sea más concentrada en el líquido menos volátil. Se obtuvo, mediante la simulación, el perfil de concentraciones de líquido en la columna y se detalla en el gráfico 8-3

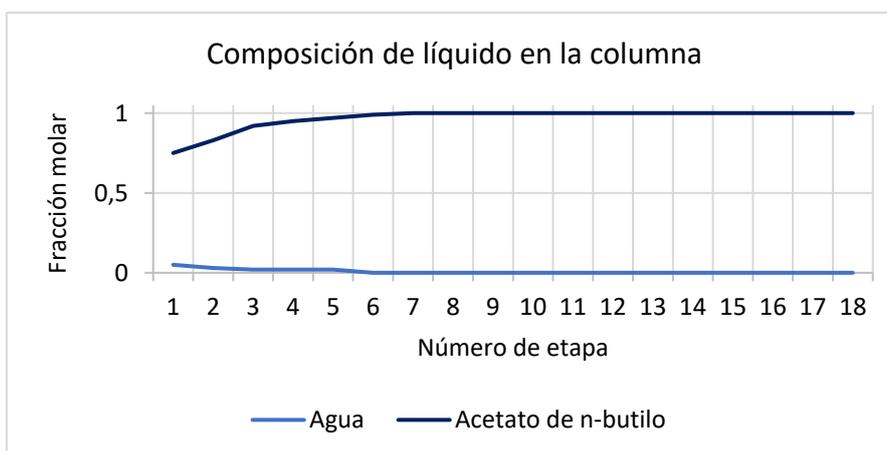


Gráfico 8-3: Composición del líquido a lo largo de la columna. Fuente: Chemcad 6.1.3.

Tanto la zona de rectificación o enriquecimiento del componente más volátil, como la zona de agotamiento o empobrecimiento del mismo componente tendrán la única funcionalidad de separar los productos de reacción, razón por la cual, el diseño de etapas teóricas es el mismo. Es decir, los platos perforados elegidos para las primeras etapas de la torre, serán los mismos para la última. En consecuencia, la tabla 8-24 detalla los parámetros de diseño para esta zona.

Debido a la caída de presión del gas, o vapor del componente menos volátil, en esta zona se espera una velocidad mayor, razón por la cual, no se debería pensar en una complicación cuando se piensa en la difusión del vapor en el líquido. Este un motivo más, por el cuál la profundidad de líquido en el plato está pensada desde la zona de rectificación donde esa velocidad de difusión del vapor, se espera, sea menor. Dentro de la idea de tendencias opuestas, es posible imaginar una mayor cantidad de líquido en el fondo, pero sin dificultades de difusión por lo expuesto anteriormente. Así mismo, el diseño de platos es con criterios unificados para ambas zonas partiendo de simular un volumen de líquido igual en las 17 etapas teóricas internas.

Etapas	10	
Ubicación	9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 y Rehervidor	
Tipo	Platos perforados	
Diseño de platos	Diámetro del plato (m)	0,504
	Altura del líquido (m)	0,1
	Distancia entre platos (m)	0,609
	Espesor del plato (m)	0,003
	Longitud derramadero (m)	0,352
	Arreglo	Triangular
	Distancia entre perforaciones (m)	0,038
	Diámetro de perforación (m)	0,015
Material	Acero inoxidable	

Fuente: Elaboración propia.

### 8.6.5 Dimensiones de la columna

El análisis completo de cada etapa ya brinda la mayoría de los parámetros de diseño de la columna, no obstante, falta determinar la longitud total (L) que en su mayoría queda determinada por la altura definida de cada etapa según la ecuación 8-37:

$$h_c = 0.609 * 13 + 0.490 * 4 = 9.877 \text{ m} \quad \text{Ec}(8 - 37)$$

Dónde se consideran las alturas de separación entre las trece etapas representadas por platos perforados y las 4 etapas reactivas definidas por altura de relleno. Esta altura, es la correspondiente a la carcasa cilíndrica.

#### 8.6.5.1 Distancia de fondo

Desde el fondo de la columna, son bombeados 7.021 m<sup>3</sup>/h de corriente de fondo que en parte es desviada para retorno a zona de agotamiento y otra corriente la de producto final. La distancia existente entre la última etapa teórica interna y la base, debe ser la suficiente como para evitar inundaciones en estos últimos platos por acumulación de líquido. En el fondo de la torre, por debajo de existe un caudal retenido que cumple también con la función de mantener el nivel del reboiler, debido a que la alimentación de este se realiza por recirculación natural.

El tiempo de residencia en el fondo de la torre cuando el fluido va a un proceso de intercambio térmico es de 2 minutos, por lo tanto, el volumen de líquido retenido es:

$$V_{LR} = Q_G * \frac{t_r}{60} = 7.021 \frac{m^3}{h} * 2 \text{min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 0.234 \text{ m}^3 \quad \text{Ec (8 - 38)}$$

$V_{LR}$ : Volumen de líquido retenido

$Q_G$ : Caudal de la corriente G. Fondo de la columna

La distancia existente entre el último plato y el fondo de la columna, es la altura de la virola  $h_v$  que resulta de dos niveles y/o alturas más. En primer lugar, la altura entre el último plato y el nivel de líquido existente en el fondo  $h_{p-l}$  y por otro lado la altura entre nivel del líquido y fondo propiamente dicha. La primera magnitud, bajo recomendación de diversos autores, es escoger la misma distancia que existe entre platos, es decir, 0.609 m. Por otro lado,  $h_{p-l}$  queda determinada por el volumen de retención previamente calculado según la ecuación 8-39. (Benitez Duran, 2005)

$$h_{p-l} = \frac{V_{LR}}{\pi * r^2} = \frac{0.234 \text{ m}^3}{\pi * 0.063 \text{ m}^2} = 1.182 \text{ m} \quad \text{Ec (8 - 39)}$$

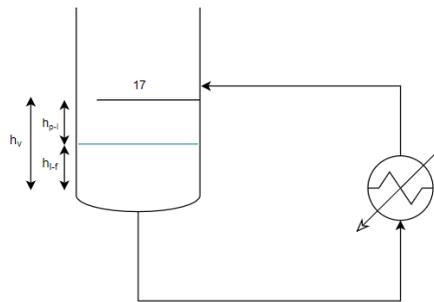


Imagen 8-11: Esquema de distancias en el fondo de la columna. Fuente: Elaboración propia.

De forma tal, que la altura de la virola total, expresada por la ecuación 8-40, es:

$$h_v = h_{p-l} + h_{l-f} = (0.609 + 1.182) \text{ m} = 1.791 \text{ m} \quad \text{Ec(8 - 40)}$$

Para la distancia existente entre el tope de la columna y el primer plato dentro, se adopta una distancia recomendada por bibliografía igual a  $h_t = 0.914 \text{ m}$ . Por consiguiente, la longitud total de la columna viene dada por la altura adoptada de tope y la combinación de las ecuaciones 8-37 y 8-40 de la siguiente forma:

$$L = h_c + h_v + h_t = (9.877 + 1.791 + 0.914) \text{ m} = 12.582 \text{ m} \quad \text{Ec(8 - 39)}$$

Se adoptan cabezales torisférico tipo KLOPPER para el fondo y tope de la columna con altura definida según la ecuación 8-9 que fue empleada también para el cálculo de los fondos y techos de tanques.

$$h = \frac{D}{4} = \frac{0.504 \text{ m}}{4} = 0.126 \text{ m}$$

La columna cuenta con 3 bocas de hombres de 0.6 m de diámetro para inspección, tareas de saneamiento y mantenimiento general distribuidas una en cada etapa. Además de visores. Uno en cada etapa. La columna está aislada con el fin de no perder eficiencia energética bajo el mismo criterio de aislamiento del condensador.

En resumen, se concluyen todas las variables de operación y de diseño de la columna en la tabla 8-25.

Tabla 8-25: Variables de operación y parámetros de diseño para C-01		
Variables de operación		
Alimentación	Flujo de alimentación (kmol/h)	17,016
	Temperatura de alimentación (°C)	110,000
	Relación molar de reactantes	1 a 1
	Presión de la corriente de alimentación (atm)	1,000
	Etapas de alimentación	5,000
Rectificación	Etapas de alimentación de reflujo de fase orgánica	1,000
	Relación de reflujo de fase orgánica (E/D')	0,955
	Temperatura del reflujo orgánico	86,400
	Platos en zona de rectificación	4
	Temperatura de salida de vapores en tope (°C)	107,570
	Carga térmica eliminada en el condensador (kcal)	503867,000
Agotamiento	Etapas de reingreso de fondos	17,000
	Relación de reflujo de fondo (H/G)	0,815
	Platos en zona de agotamiento	9
	Temperatura de salida del producto de fondo	126,000
	Carga térmica del rehervidor (kcal)	439880,000
Reacción	Numero de etapas reactivas	4
	Número de etapas no reactivas	13,000
	Hold Up por etapa reactiva (l)	20,000
	Rendimiento de reacción (respecto al n-butanol) (%)	99,620
	Carga de catalizador por etapa (kg)	13,260
Variables de diseño		
Columna	Longitud total (m)	12,582
	Diámetro interno (m)	0,504
	Diámetro externo (m)	0,510
	Espesor (m)	0,006
	Relación de esbeltez	24,960
	Altura de cabezales (m)	0,126
	Volumen total (m <sup>3</sup> )	2,543
	Material	Acero AISI 316
	Fabricante	AESA
	Material de aislación	Fibra de vidrio
	Espesor de aislante (cm)	7,6

Fuente: Elaboración propia.

## 8.7 BOMBAS

Los fluidos se mueven a través de tuberías, aparatos o la atmósfera, por medio de bombas, ventiladores, soplantes y compresores. Estos dispositivos aumentan la energía mecánica del fluido. El aumento de energía puede emplearse para incrementar la velocidad, la presión o la altura del fluido.

El método más corriente de comunicar energía es por medio de un desplazamiento positivo o de una acción centrífuga suministrados por fuerzas exteriores.

En las bombas centrífugas la energía mecánica del líquido se aumenta por acción centrífuga. El líquido penetra a través de una unión de succión, concéntrica con el eje de una pieza que gira a gran velocidad, llamada impulsor o rodete. El rodete está provisto de álabes radiales solidarios con el mismo. El líquido circula hacia fuera, por el interior de los espacios que existen entre los álabes, y abandona el rodete con una velocidad mucho mayor que a la entrada del mismo. En una bomba que funciona normalmente, el espacio comprendido entre los álabes está totalmente lleno de líquido que circula sin cavitación. El líquido que sale periféricamente del rodete se recoge en una carcasa en espiral, llamada voluta, y sale de la bomba a través de una conducción tangencial de descarga. En la voluta, la carga de velocidad del líquido procedente del rodete, se convierte en carga de presión. El fluido recibe energía del rodete, que a su vez es transmitida al mismo mediante el par de un eje giratorio, generalmente accionado mediante conexión directa a un motor de velocidad constante (McCabe, 1998)

Dentro del mercado se pueden encontrar innumerables tipos de bombas que se adaptan a las necesidades. Al momento de adoptar una bomba que transporte el fluido, se contempla:

- Temperatura del fluido
- Viscosidad y densidad del fluido
- Presión de bombeo
- Existencia de sólidos en suspensión
- Trayectoria de la línea de bombeo
- Existencia de accesorios sobre la cañería
- Caudal necesario del fluido

Serán puntos críticos de evaluación para seleccionar una bomba los siguientes factores:

Para el cálculo de la potencia requerida por la bomba, se emplea la metodología propuesta por los autores de 'Problemas de la ingeniería química – operaciones unitarias' tomo I, (Ocon García & Tojo Barreiro, 2000).

Lo principal, es determinar el régimen del flujo sobre el cuál se está operando. Para ello es necesario saber las propiedades que hacen que un fluido sea laminar o turbulento. Estas propiedades son la densidad ( $\rho$ ), la viscosidad ( $\mu$ ) y velocidad lineal del fluido ( $v$ ). La velocidad lineal queda definida por el diámetro de tubería y el caudal empleado. Si la circulación se da sobre una cañería, una de sus dimensiones características responde a las variaciones del tipo de flujo y es el diámetro del tubo que junto con las propiedades anteriormente mencionadas se agrupan en un módulo adimensional denominado módulo o Número de Reynolds ( $N_{Re}$ ) y queda determinado por la ecuación (8 – 40) adjunta en la tabla 8-26.

Una vez definido el régimen de trabajo, resulta fundamental conocer el factor de fricción o también conocido como factor de fricción de Fanning ( $f$ ). La ecuación (8-41) permite hacer conocer el factor de fricción cuando se sabe que el régimen del flujo, es laminar. Ha de considerarse que si el flujo es turbulento, los métodos para encontrar el factor de fricción pueden ser métodos gráficos o mediante resolución de ecuaciones empíricas como las que se detallan en la imagen 8-13.

$$4f = 0,0056 + 0,500 (Re)^{-0,32}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,0 \log (Re \sqrt{f}) - 0,80$$

$$f = 0,0140 + 1,056 Re^{-0,42}$$

$$f = 0,16 (Re)^{-0,16}$$

Imagen 8-12: Ecuaciones empíricas para determinar el factor de fricción en flujos turbulentos. Fuente: (Ocon García & Tojo Barreiro, 2000)

Parte de la carga que debe vencer la bomba, es la correspondiente a  $h_f$ . La misma, es proporcional al factor de fricción que deberá estimarse con anterioridad y la aplicación del análisis adimensional conduce a la ecuación (8-41) donde  $L_T$  corresponde a la longitud equivalente o longitud total de canalización y se refiere a la pérdida por fricción para una tubería recta a lo largo de una longitud L, considerando que la tubería no tiene tipo alguno de accesorios, tales como llaves, codos, empalmes, etc. Las pérdidas por fricción para estos accesorios se pueden determinar haciendo uso de la imagen 8-13 que permite calcular la longitud de tubo recto a que equivale el accesorio que se considere.

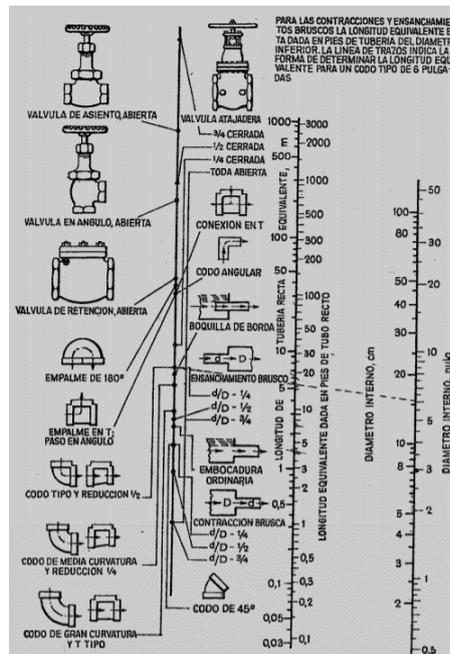


Imagen 8-13: Método gráfico para la estimación de longitud equivalente según accesorios elegidos. Fuente: (Ocon García & Tojo Barreiro, 2000)

Con toda la información reunida hasta el momento, se cuenta con todo lo necesario para el cálculo del trabajo mecánico desarrollado por la bomba  $W_B$  ( $\text{kgf.m.kg}^{-1}$ ) a través de la ecuación (8-43). Ecuación de Bernoulli, donde  $\Delta p$  ( $\text{kgf.m}^{-2}$ ) representa la diferencia de presión entre la succión y la descarga del fluido,  $\Delta Z$  (m) la diferencia de altura entre punto de admisión y punto de descarga,  $\Delta v$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ) la diferencia de velocidades,  $g$  ( $\text{m.s}^{-2}$ ) es la aceleración de la gravedad y  $g_c$  que es el factor de proporcionalidad de la ley de Newton igual a  $9.8 \text{ kgf.m.}(\text{kg.s}^{-2})^{-1}$ .

Finalmente, se estima la potencia mínima requerida  $P$  por la bomba considerando el rendimiento mecánico de la misma usando la ecuación 8-44.

Tabla 8-26: Ecuaciones de diseño para la adopción de bombas		
Variable	Denominación	Ecuación
$N_{Re}$	Número de Reynolds	$N_{Re} = \frac{v \cdot \rho \cdot D}{\mu} \quad Ec(8 - 40)$
$f$	Factor de fricción de Fanning	$f = \frac{64}{N_{Re}} \quad Ec(8 - 41)$
$h_f$	Pérdida de carga	$h_f = f \frac{(L_T) \cdot v^2}{D \cdot 2g} \quad Ec(8 - 42)$
$W_B$	Carga	$W_B = \frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta Z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta v^2}{2 \cdot g_c} + h_f \quad Ec(8 - 43)$
$P$	Potencia	$P = \frac{W_B \cdot Q \cdot \rho}{\eta \cdot 75} \quad Ec(8 - 44)$

Fuente: (Ocon García & Tojo Barreiro, 2000)

Para el inicio de los cálculos, se consulta sobre la base de datos de Chemcad, las propiedades que dependen exclusivamente de la temperatura. Conocidas estas, se detalla en la tabla 8-27 los valores de viscosidades, presión de vapor y densidades. Las celdas sin expresiones numéricas algunas pueden considerarse nulas en algunos casos o innecesarios en otros. Partiendo de los componentes puros y sus propiedades, se estiman las mismas propiedades para aquellas corrientes que representan una mezcla dado que se conoce su masa y composición de la siguiente forma:

$$\rho_T = \sum x_i \cdot \rho_i \quad Ec(8 - 45)$$

Donde la densidad de la supuesta corriente T es igual a la sumatoria de los productos entre fracciones del componente por su densidad en estado puro a la temperatura indicada. De la misma manera se encuentran viscosidades y presiones de vapor.

Tabla 8-27: Propiedades de los fluidos						
Viscosidades $\mu$ (cP)						
Temperaturas		25	32	86,4	126	127
Compuestos puros	OHAc	1,116	1,008	0,5524	-	-
	BuOH	2,541	2,135	0,700	-	-
	BuOAc	-	0,6193	0,344	0,247	-
	H2O	0,925	0,803	0,330	-	0,246
Densidades $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )						
Temperaturas		25	32	86,4	126	127
Compuestos puros	OHAc	1042,000	-	972,263	929,355	-
	BuOH	805,705	-	752,315	-	-
	BuOAc	-	868,600	809,400	762,680	-
	H2O	994,800	993,140	985,450	-	-
Presión de vapor $P_v$ (atm)						
Temperaturas		25	32	86,4	126	127
Compuestos puros	OHAc	-	-	-	-	-
	BuOH	-	-	0,296	1,345	-
	BuOAc	-	-	0,280	1,024	-
	H2O	-	-	-	-	2,500

Fuente: Chemcad

Los datos representados en la tabla 8-27 representan cada propiedad de cada componente a una temperatura dada. Esas temperaturas que se informan, son las correspondientes a los distintos puntos del proceso, no obstante, los datos elegidos para el desarrollo de los cálculos son los que brinda cada corriente de proceso en la simulación del proceso. Algunos datos, como presiones de vapor serán tomadas desde este conjunto de información.

El proceso de producción de acetato de n-butilo, tal como está planteado, requiere de la adopción de 8 bombas. Cada una de ellas es del tipo centrífuga dada la no existencia de sólidos y bajas viscosidades. Además, es un proceso que para su correcto funcionamiento requiere automatización que involucraría variaciones de velocidad en los motores de algunas bombas específicas a través de variadores de velocidad. Es para ello, que a través de la tabla 8-28, se detallan los primeros datos para proceder los cálculos.

Tabla 8-28: Características de las líneas de transporte							
Origen	Destino	Bomba	Temperatura (°C)	Presión $p$ (atm)	Viscosidad $\mu$ (cP)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Caudal $Q$ (m <sup>3</sup> /h)
T-01	ME-01	P-01	25,000	1,000	1,116	1042,000	0,490
T-02	ME-01	P-02	25,000	1,000	2,541	805,705	0,773
ME-01	C-01	P-03	25,000	1,000	1,680	896,765	1,263
D-01	C-01	P-04	86,400	1,000	0,406	802,162	4,081
D-01	T-05	P-05	86,400	1,000	0,330	962,041	0,159
C-01	T-03	P-06	126,000	1,000	0,247	762,716	7,021
CV-04	T-03	P-07	126,000	1,000	0,247	762,715	1,295
T-03	T-04	P-08	26,000	1,000	0,669	874,905	1,129

*Fuente: Elaboración propia.*

Todas las bombas son adoptadas en función de los cálculos llevados a cabo según los siguientes criterios:

- En todos los casos, la altura nivel de referencia es igual a cero en la altura de la succión.
- No son consideradas eventuales válvulas modulantes que participen en la automatización produciendo estrangulamiento de flujo que generen caídas de presión extra. Un sobredimensionamiento de la potencia de la bomba cubriría estas pérdidas de carga no consideradas en el cálculo de la longitud equivalente.
- Los intercambiadores de calor no son equipos de origen y destino dentro de las líneas de bombeo. Cada uno de estos equipos originan una pérdida de carga contemplada en el cálculo de las pérdidas por fricción con mayor magnitud comparadas a las correspondientes a los accesorios.
- Las líneas A, B y C están vinculadas mediante un arreglo ramificado de P-01 y P-02 que están en serie con P-03. Es por ello, que fue oportuno hacer consideraciones sobre las impulsiones de las bombas dosificadoras de materias primas y la admisión de P-03. La succión de la bomba que tiene por propósito alimentar a la columna C-01 está considerada para el cálculo del diseño de la bomba, sin embargo, también está considerada para la impulsión de las dos primeras, por tanto, la carga que deben vencer P-01 y P-02 amortiguarían la carga que debe vencer P-03 en la admisión. En el medio, queda contrarrestada la caída de presión que genera ME-01.
- Existe otro arreglo ramificado entre P-06 y P-07. La impulsión de la primera se ve en la obligación de desviar una porción minoritaria de flujo destinada al almacenamiento con recorrido previo a E-01. El resto de la corriente mayoritaria, retorna a la columna, con el rehervidor de por medio. Para la impulsión de P-06 son contempladas las pérdidas de carga para todo el tramo de tubería con diferentes diámetros marcados por los diferentes caudales al mismo tiempo que será considerado para la admisión de P-07, el correspondiente tramo de cañería que le pertenece.
- El rendimiento de las bombas que se contempla para el cálculo de la potencia es  $\eta=0.7$ .

#### **8.7.1 Adopción de P-01 y P-02**

La similitud entre carga a vencer y caudal necesario, la bomba adoptada para dosificar las materias primas es la misma. La imagen 8-14, 8-15 y tablas 8-29 muestran los parámetros técnicos de la bomba elegida.

PERFORMANCE

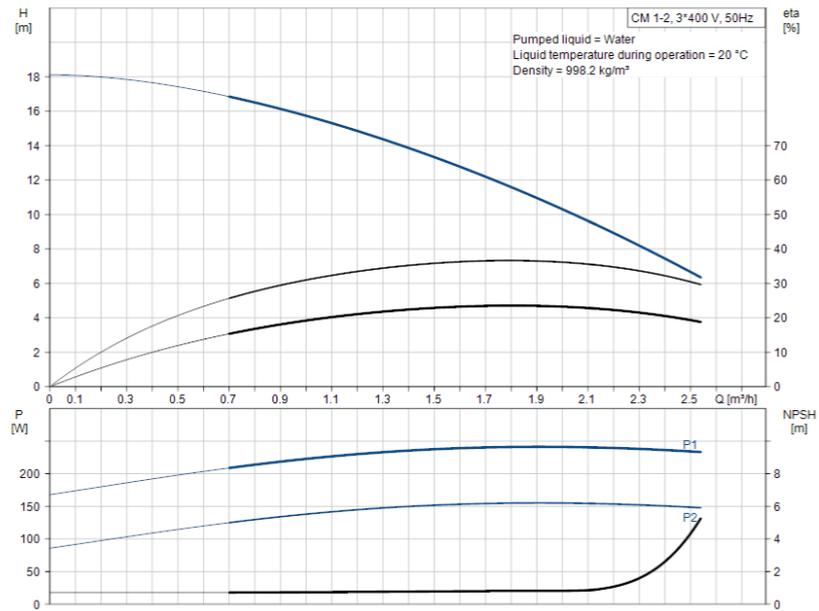


Imagen 8-14: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

MOTOR

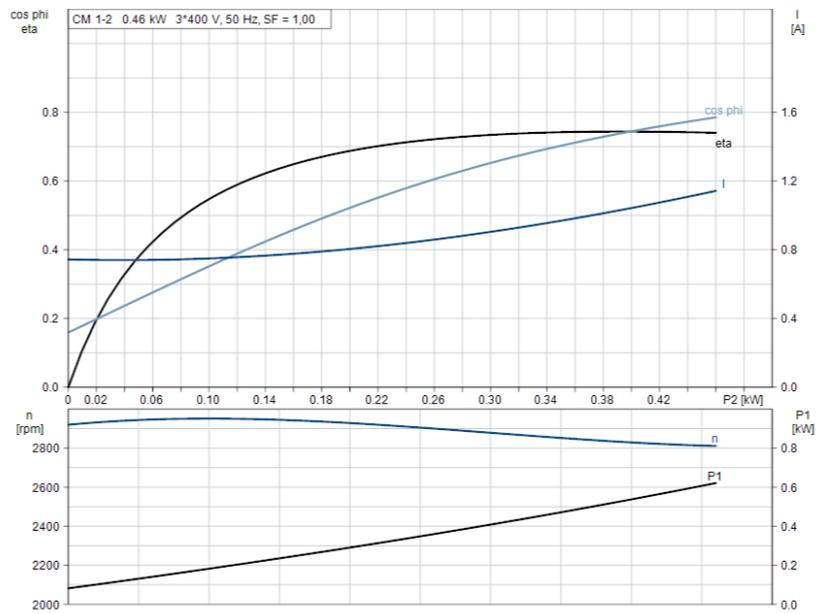


Imagen 8-15: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-29: Adopción de P-01			
Resultados de cálculos			
P-01	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,288	0,469	Admisión
Diámetro (mm)	24,560	19,230	1 codo de 90
Número de Reynolds	6879	10770	
Factor de fricción	0,039	0,036	
Longitud equivalente (m)	4,610	21,562	
Pérdida de carga	0,034	0,745	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,000	5 codos de 90
Altura (m)	0,500	0,500	
Potencia (HP)	0,00184		
Origen / Destino	T-01 / ME-01		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	3/4	1/2	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CM 1-2 A-R-A-E-AVBE F-A-A-N		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	2,5		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	18		
Potencia (HP)	0,61		
Frecuencia (Hz)	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-30: Adopción de P-02			
Resultados de cálculos			
P-02	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,295	0,459	Admisión
Díámetro (mm)	30,630	24,560	1 codo de 90
Número de Reynolds	2914	4673	
Factor de fricción	0,044	0,041	
Longitud equivalente (m)	4,926	21,259	
Pérdida de carga	0,033	0,656	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,000	5 codos de 90
Altura (m)	0,500	0,500	
Potencia (HP)	0,00203		
Origen / Destino	T-02 / ME-01		
Adopción de tuberías			
Díámetro nominal (in)	1	3/4	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Fabricante	Grundfos Argentina		
Modelo	CM 1-2 A-R-A-E-AVBE F-A-A-N		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	2,5		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	18		
Potencia (HP)	0,61		
Frecuencia	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

### 8.7.2 Adopción de P-03

#### PERFORMANCE

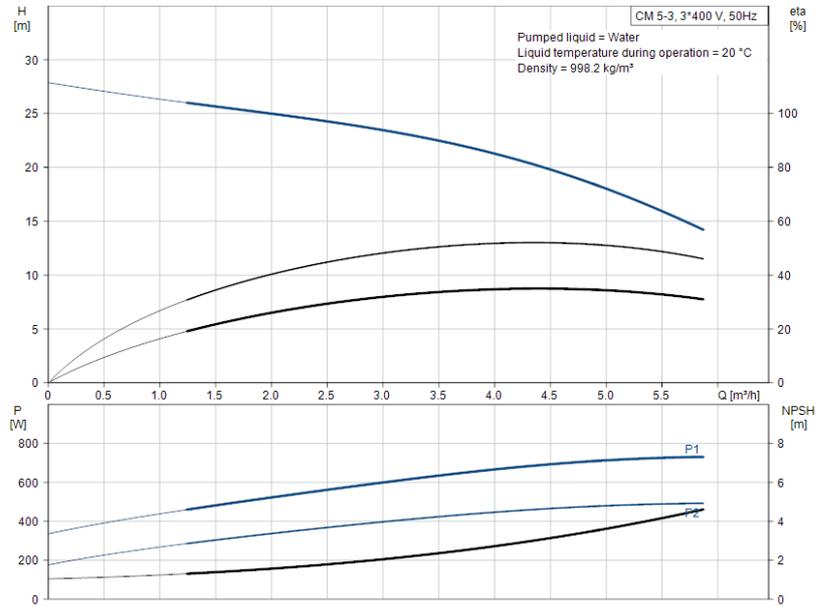


Imagen 8-16: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

#### MOTOR

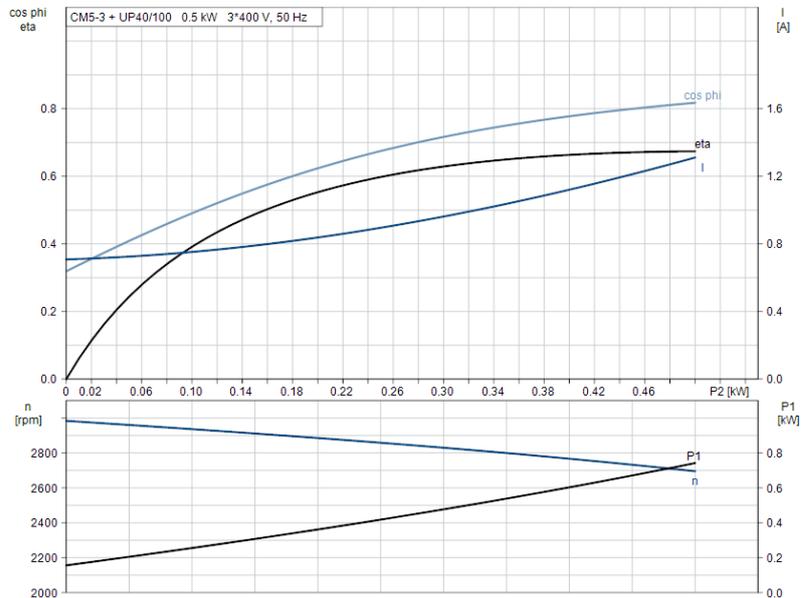


Imagen 8-17: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-31: Adopción de P-03			
Resultados de cálculos			
P-03	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,218	0,480	Admisión
Diámetro (mm)	45,490	30,630	ME-01
Número de Reynolds	7285	9810	
Factor de fricción	0,038	0,036	Impulsión
Longitud equivalente (m)	2,000	41,576	6 codos de 90, E-01 y E-02
Pérdida de carga	0,007	0,914	
Presión (bar)	1,000	1,300	
Altura (m)	0,500	10,146	
Potencia (HP)	0,084		
Origen / Destino	ME-01 / C-01		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	1 1/2	1	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CM 5-3 L-R-I1-E O-K-D-N		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	6		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	30		
Potencia (HP)	1,47		
Frecuencia	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

### 8.7.3 Adopción de P-04

#### PERFORMANCE

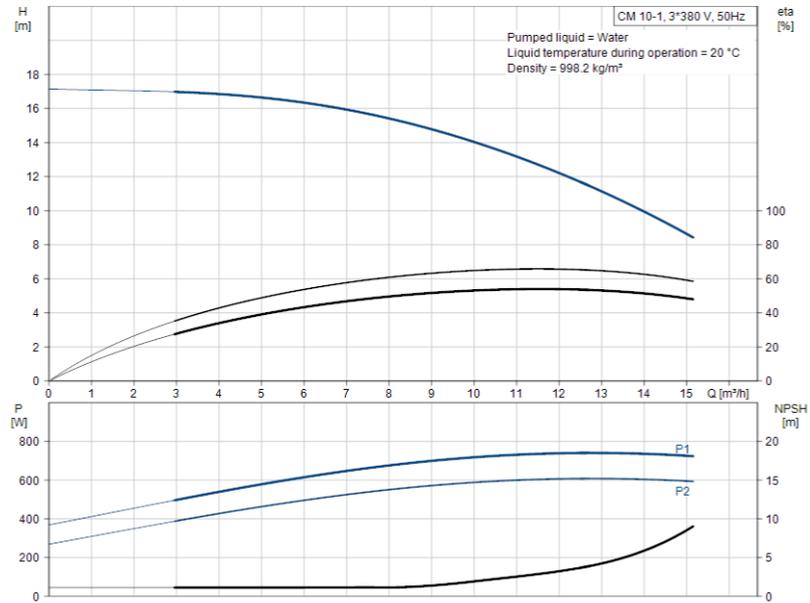


Imagen 8-18: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

#### MOTOR

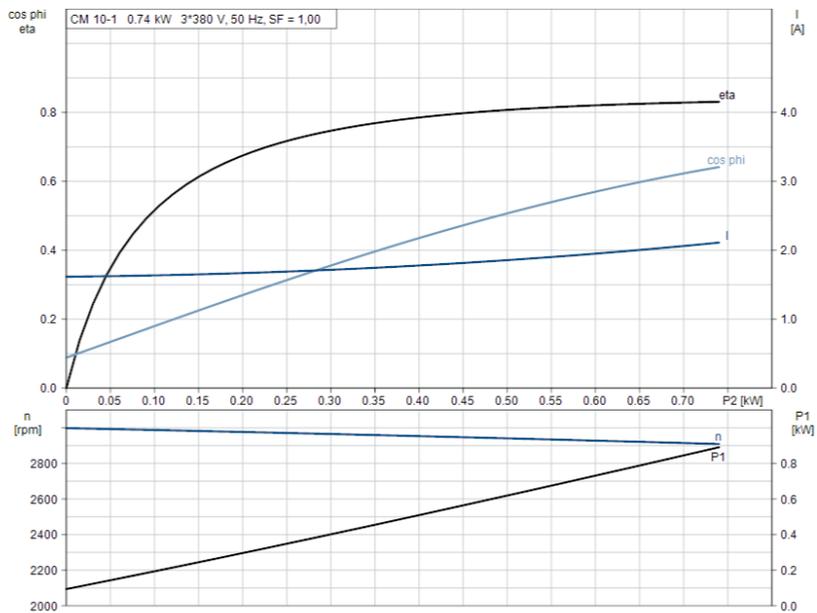


Imagen 8-19: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-32: Adopción de P-04			
Resultados de cálculos			
P-04	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,295	0,436	Admisión
Diámetro (mm)	69,980	57,560	1 codo de 90
Número de Reynolds	41480	68240	
Factor de fricción	0,029	0,026	
Longitud equivalente (m)	5,460	5,286	
Pérdida de carga	0,010	0,044	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,000	1 codo de 90
Altura (m)	0,000	2,700	
Potencia (HP)	0,047		
Origen / Destino	D-01 / C-01		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	2 1/2	2	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CM 10-1 A-R-A-E-AVBE-O-A-A-N		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	15		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	17		
Potencia (HP)	0,99		
Frecuencia	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

### 8.7.4 Adopción de P-05

#### PERFORMANCE

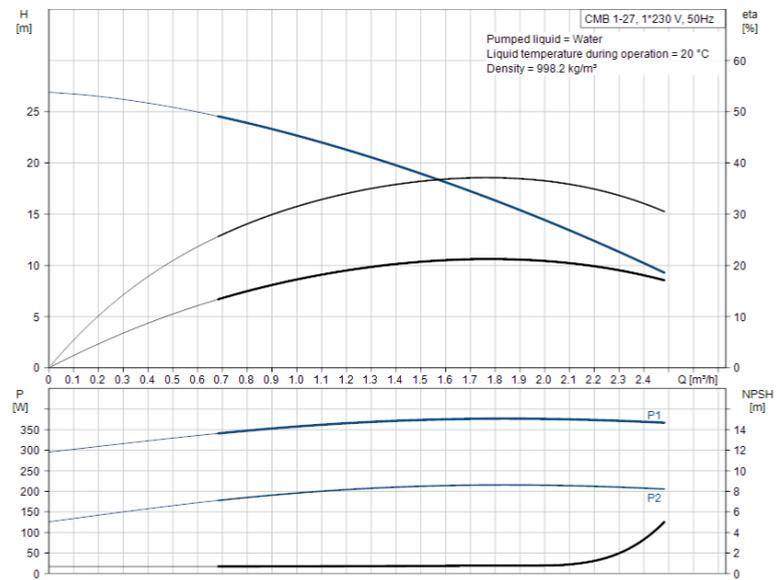


Imagen 8-20: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

#### MOTOR

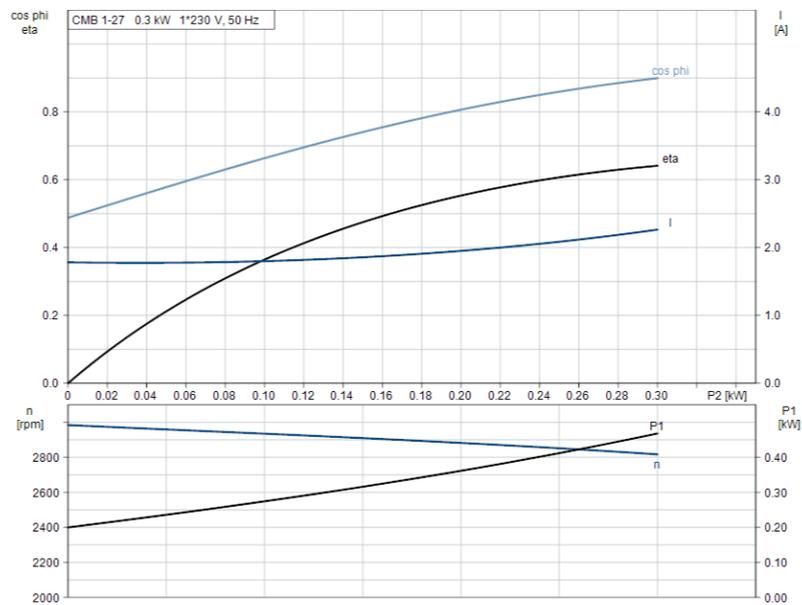


Imagen 8-21: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-33: Adopción de P-05			
Resultados de cálculos			
P-05	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,011	0,070	Admisión
Díámetro (mm)	15,500	12,070	1 codo de 90
Número de Reynolds	61200	100700	
Factor de fricción	0,027	0,025	
Longitud equivalente (m)	3,750	15,830	
Pérdida de carga	0,006	0,126	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,300	1 codo de 90
Altura (m)	0,000	0,000	
Potencia (HP)	0,00269		
Origen / Destino	D-01 / T-05		
Adopción de tuberías			
Díámetro nominal (in)	3/8	1/4	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CMB 1-27 A-C-A-C-A-A		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	2,5		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	25		
Potencia (HP)	0,4		
Frecuencia	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

### 8.7.5 Adopción de P-06

#### PERFORMANCE

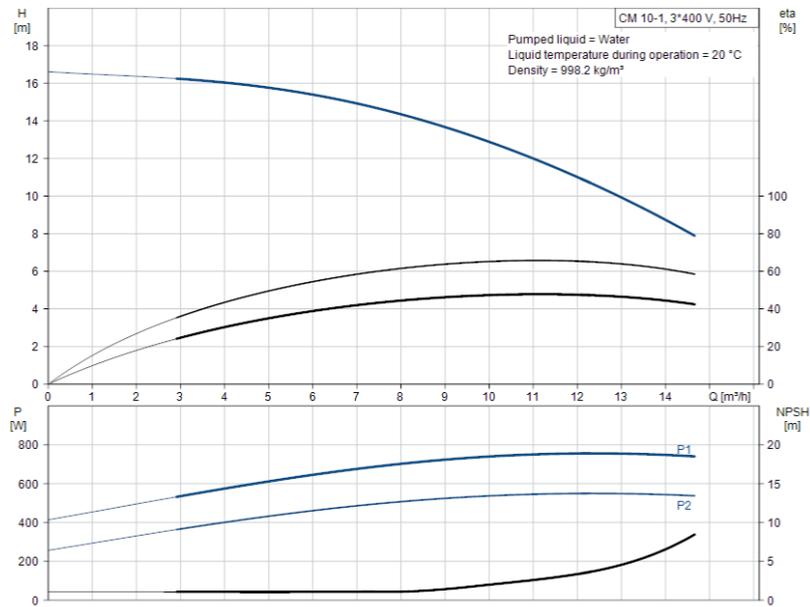


Imagen 8-22: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

#### MOTOR

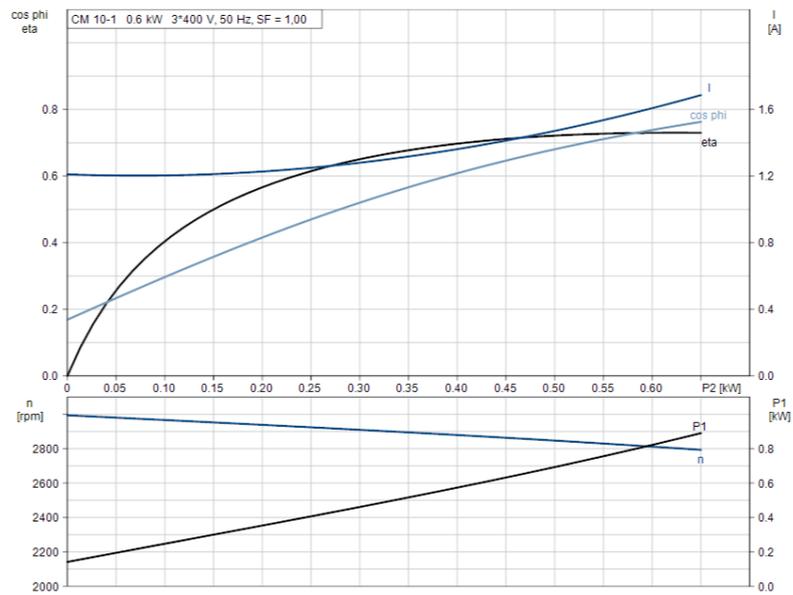


Imagen 8-23: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-34: Adopción de P-06			
Resultados de cálculos			
P-06	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,256	0,507	Admisión
Diámetro (mm)	98,550	69,980	1 codo de 90
Número de Reynolds	91290	129700	
Factor de fricción	0,025	0,024	
Longitud equivalente (m)	7,580	9,430	Impulsión
Pérdida de carga	0,002	0,059	1 codo de 90, una conexión en T
Presión (atm)	1,000	1,000	
Altura (m)	0,000	1,200	
Potencia (HP)	0,036		Reflujo en C-01
Origen / Destino			
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	3 <sup>1/2</sup>	2 <sup>1/2</sup>	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CM 10-1 A-R-A-E-AVBE F-A-A-N		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	15		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	16		
Potencia (HP)	0,8		
Frecuencia	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

### 8.7.6 Adopción de P-07

#### PERFORMANCE

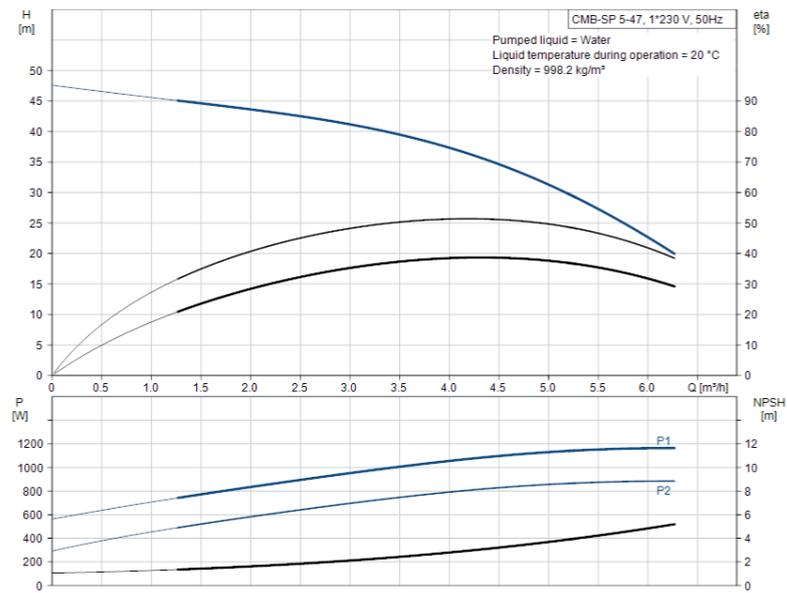


Imagen 8-24: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

#### MOTOR

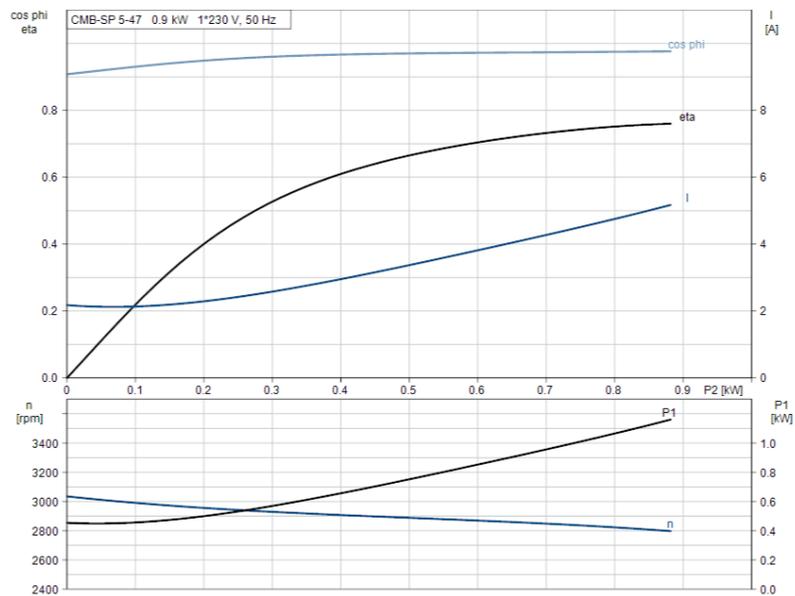
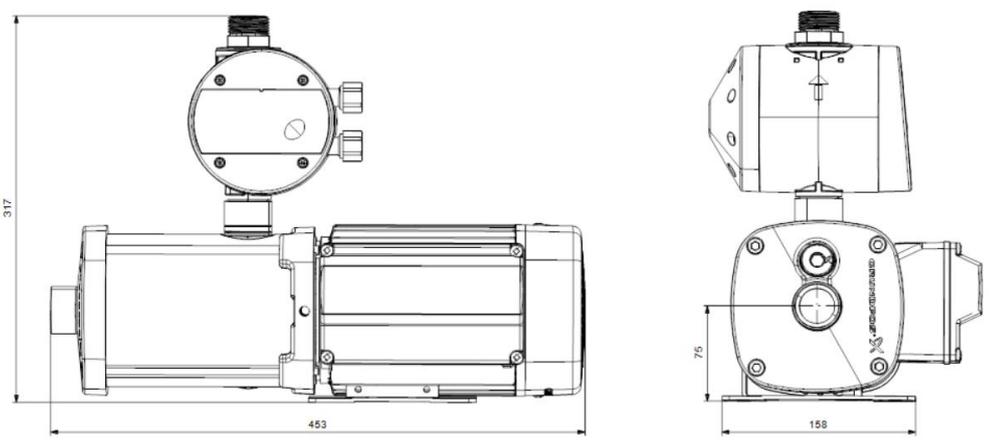


Imagen 8-25: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-35: Adopción de P-07			
Resultados de cálculos			
P-07	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,295	0,489	Admisión
Diámetro (mm)	39,390	30,630	1 codo de 90
Número de Reynolds	36490	56750	
Factor de fricción	0,029	0,027	Impulsión
Longitud equivalente (m)	7,750	68,314	6 codos de 90 y E-01
Pérdida de carga	0,026	1,105	
Presión (atm)	1,000	1,500	
Altura (m)	0,000	4,000	
Potencia (HP)	0,061		
Origen / Destino	C-01 / T-03		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	1 1/4	1	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CMB-SP 5-47I-C-A-C-B-A		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	6,5		
Presión máxima (bar)	10		
Carga máxima (m)	45		
Potencia (HP)	1,2		
Frecuencia	50		
			
			

Fuente: (Grundfos, 2021)

### 8.7.7 Adopción de P-08

#### PERFORMANCE

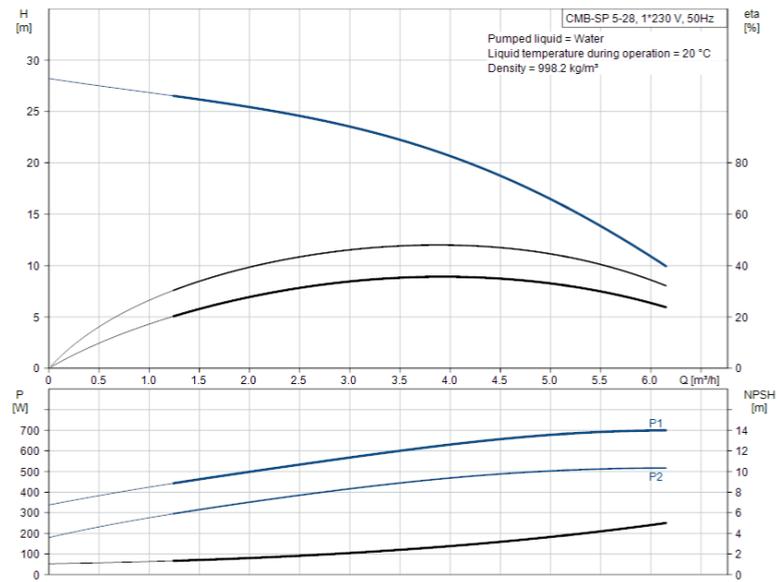


Imagen 8-26: Curvas de operación de la bomba adoptada.  $H f(Q)$ . Fuente: (Grundfos, 2021)

#### MOTOR

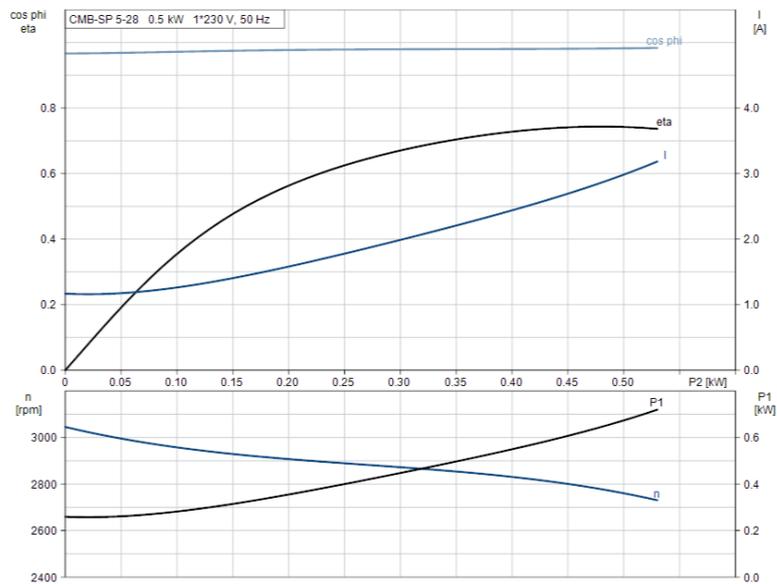
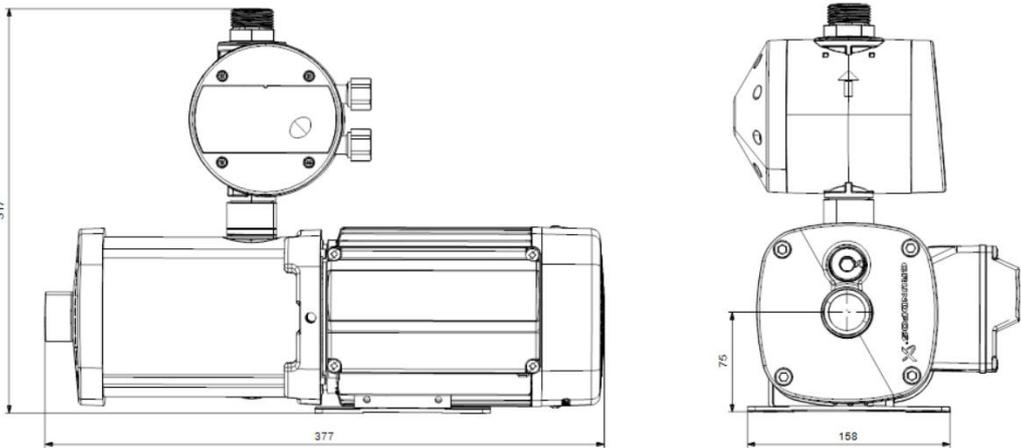


Imagen 8-27: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 8-36: Adopción de P-08			
Resultados de cálculos			
P-08	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,258	0,426	Admisión
Diámetro (mm)	39,390	30,630	1 codo de 90
Número de Reynolds	15450	24030	
Factor de fricción	0,034	0,031	
Longitud equivalente (m)	4,050	5,286	
Pérdida de carga	0,016	0,330	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,200	1 codo de 90
Altura (m)	0,000	7,750	
Potencia (HP)	0,054		
Origen / Destino	T-03 / T-04		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	1 1/4	1	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CMB-SP 5-28I-C-A-A-B-A		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	6		
Presión máxima (atm)	10		
Carga máxima (m)	25		
Potencia (HP)	0,67		
Frecuencia	50		
			
			

Fuente: (Grundfos, 2021)

# CAPÍTULO IX

## SERVICIOS AUXILIARES



## CAPÍTULO IX: SERVICIOS AUXILIARES

### 9.1 INTRODUCCIÓN

Para el correcto funcionamiento de los equipos involucrados en el proceso de producción de acetato de n-butilo se requieren diferentes servicios auxiliares. En el presente capítulo se determinan los requerimientos diarios de los servicios auxiliares, tomando como base los balances de materia y energía expuestos en los capítulos VI y VII. Además, se dimensionan y adoptan los equipos necesarios para generar estos servicios y se especifica el sistema de distribución de cada uno de ellos.

### 9.2 AGUA

El Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas cuenta con servicio de agua corriente la cual va a ser necesaria para usos generales, administración, baños, vestidores, comedor, laboratorio y zonas comunes. Se estima un consumo aproximado de 6.6 m<sup>3</sup>/día de acuerdo con personal con que se cuenta. (Parque industrial y logístico Paraná de las Palmas, 2021)

No se consume agua de forma directa en el proceso productivo, sino que esta es empleada en los circuitos cerrados implicados en el mismo. El abastecimiento se realiza mediante una perforación subterránea. Es importante aclarar que el agua subterránea del predio es de alta calidad y a modo de asegurar el suministro continuo, es almacenada en un tanque con la capacidad diaria.

En la tabla 9.1 se detalla el agua requerida para las diferentes operaciones.

Etapa	Calidad de agua	Equipo	Cantidad (m <sup>3</sup> /día)
Condensación de tope de columna	Agua filtrada	E-04	1735,22
Enfriamiento	Agua filtrada	E-05	28,44
Reposición torre de enfriamiento	Agua filtrada	CT-01	17,63
Reposición Caldera	Agua de caldera	SG-01	2,15
Uso personal	Agua de red	-	6,60
TOTAL			1790,05

*Fuente: Elaboración propia.*

El agua empleada para cubrir las pérdidas en la torre de enfriamiento se considera como un 1% del total de agua que se utiliza en el condensador E-04 y en el intercambiador de calor E-05. Mientras que el agua de reposición en caldera se considera como un 10% del total de condensados que regresan a esta mediante el circuito cerrado. Los condensados del vapor utilizado en el intercambiador E-02 y el rehervidor de la columna E-03 son de 0,496 m<sup>3</sup>/día y de 21,530 m<sup>3</sup>/día respectivamente.

#### 9.2.1 Acondicionamiento del agua

Tal como se muestra en la tabla 9-1, son necesarias para el proceso calidad de agua apta para las torres de enfriamiento y caldera. Se detalla a continuación el tratamiento para purificar el agua de pozo que es bombeada desde las napas antes de ser almacenadas para su posterior utilización.

Un sistema de tratamiento de agua permite procesos más eficientes, es decir que las buenas prácticas de tratamiento de agua industrial ayudarán a garantizar que el agua

involucrada en cada uno de los procesos y los propios sistemas se mantengan siempre en buenas condiciones y no causen problemas innecesarios, fallen prematuramente o infrinjan la ley. En la imagen 9-1 se muestra el diagrama de tratamiento y distribución de agua dentro del proceso.

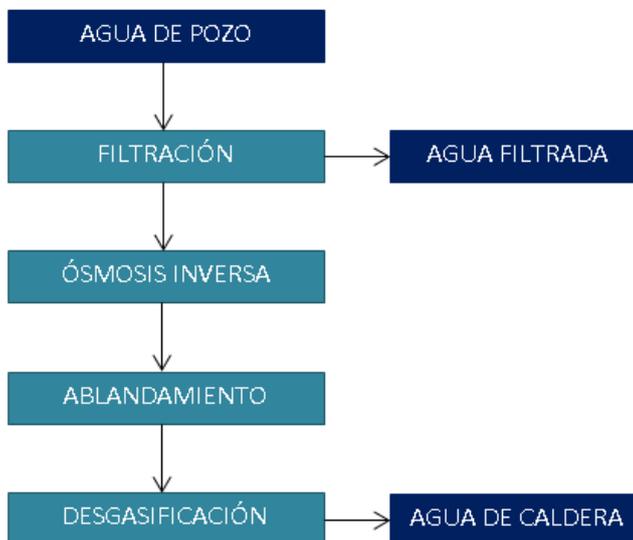


Imagen9-1: Diagrama de tratamiento de agua. Fuente: Elaboración propia.

### 9.2.1.1 Filtración

Se trata de un proceso físico que no altera las características químicas del agua, por el cual se eliminan partículas en suspensión o material coloidal de mayor tamaño, haciendo pasar el agua a través de un lecho filtrante.

Se utiliza un filtro multimedia para reducir el nivel de sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión pueden consistir en pequeñas partículas como limo, arcilla, arena, materia orgánica, larvas, zooplancton, algas y otros microorganismos. El grado de filtración de un filtro multimedia depende en gran medida del medio filtrante y del flujo a través del filtro.

El filtro multimedia contiene tres capas de relleno. Esos son antracita, arena y grava. La antracita atrapa las partículas de suciedad más gruesas para evitar la formación de una capa de torta en la parte superior del lecho del filtro. Las partículas más pequeñas quedan atrapadas en la capa de arena. Con una velocidad de fluido baja, las partículas se adherirán a la arena con una unión cohesiva, y por último la grava permite que el agua fluya uniformemente hacia los difusores de hongos y fuera del medio filtrante. En esta etapa se eliminan partículas de hasta 15-20 micrones.

Con el tiempo, la caída de presión sobre el filtro aumenta mientras que el flujo permanece igual, debido a los sólidos en suspensión adheridos. Finalmente, es necesario limpiar el medio filtrante, un proceso llamado lavado a contracorriente o retrolavado.



Imagen9-2: Filtro multimedia. Fuente: [www.clearwatershelton.com](http://www.clearwatershelton.com)

### 9.2.1.2 Filtración por membrana – Osmosis inversa

Esta etapa el agua se fuerza a través de una membrana semipermeable para eliminar moléculas, iones y partículas más grandes. Ellos son minerales disueltos, presentándose con mayor frecuencia y cantidad el carbonato de calcio, sulfato de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, sílice, cloruro de sodio, sulfato de sodio hidratado, y pequeñas cantidades de hierro, manganeso, fluoruros, aluminio, y otras sustancias. Los nitratos y fosfatos que se encuentran en el agua son por lo general debido a la contaminación de aguas residuales.

La membrana se encapsula dentro de un recipiente o tubo y se aplica presión para superar la presión osmótica del agua. La presión es generada por una bomba de alta presión y la presión de la bomba puede variar según el tipo de membrana, el estado del agua cruda y la calidad final del agua necesaria. El agua tratada se denomina permeado y el agua de rechazo se denomina concentrado. Los sólidos compuestos por moléculas, iones o incluso bacterias permanecen en el exterior de la membrana y son rechazados por el extremo del tubo. El agua con partículas o sólidos no disueltos se mide por conductividad y, generalmente se informa como TSS (sólidos totales en suspensión).



Imagen9-3: Equipo de osmosis inversa. Fuente: [www.proquimia.com](http://www.proquimia.com)

### 9.1.2.3 Ablandamiento

En esta etapa se hace uso de un suavizador de agua. Este está compuesto por una resina catiónica que intercambia iones de calcio y magnesio por sodio, los cuales no generan incrustación.

La dureza en el agua es causada por la presencia de minerales de calcio y magnesio, estos generan incrustaciones en el interior de las tuberías y/o equipos, provocando que la

transferencia de calor sea ineficiente, además pueden causar un sobrecalentamiento en el metal de los tubos de la caldera, generando fallas como roturas, lo que significa un aumento en el costo por mantenimiento.

Los intercambiadores se utilizan en procesos cíclicos de operación hasta el agotamiento de la capacidad de intercambio de la resina, momento en el que se procede a la subsiguiente regeneración de la misma. En la práctica, el rendimiento técnico y económico de un proceso de intercambio iónico depende tanto de la capacidad intercambiadora de la resina como de la cantidad de regenerante que precise en cada ciclo de operación y de la duración del ciclo de trabajo. El ciclo de trabajo consta de las siguientes fases o etapas:

- Retrolavado: Se realiza en el lecho filtrante de forma ascendente con agua limpia, destinado a la eliminación de los posibles finos y restos de partículas que se acumulan en el lecho de resina durante la fase de operación, así como a favorecer una reclasificación del material del lecho, evitando la formación de canales preferenciales.

- Regeneración de la resina: A medida que transcurre la fase de operación, las resinas ven reducirse su capacidad de intercambio y es preciso volver a ponerlas en condiciones de servicio óptimas mediante el empleo de soluciones regeneradoras que restauren su forma iónica original y arrastran las especies iónicas de la estructura de la resina.

- Enjuagado: Luego de la etapa de regeneración es preciso retirar el exceso de solución regenerante que haya podido quedar retenida en los poros de las partículas de resina y en los intersticios del lecho. Para ello se efectúa un enjuague lento, a baja velocidad, después del empleo de cada solución regenerante, finalizando esta etapa con un enjuague rápido para eliminar los últimos residuos de solución.

#### **9.1.2.4 Desgasificación**

La etapa de desgasificación es clave para el agua de caldera. Este proceso se realiza mediante un aumento de la temperatura, la cual contribuye a la disminución de la solubilidad de los gases presentes. Como se trata de un circuito cerrado el condensado que regrese al sistema se mezcla con el agua de reposición tratada y entra en el proceso de desaireación o desgasificación, por lo tanto, este equipo reduce el contenido de oxígeno en el agua de alimentación a caldera, pero además sirve para precalentar el agua de reposición, como tanque de mezcla del retorno de condensado con el agua de reposición y puede servir como tanque de almacenamiento de agua de alimentación

El desgasificador es un equipo que elimina el oxígeno y otros gases contenidos en el agua de alimentación de modo que se evite la corrosión de elementos y tramos que componen el circuito agua-vapor de la planta. En medio acuoso, el hierro se oxida a hidróxido ferroso por la acción del ion hidroxilo. Este, por acción de oxígeno en disolución pasa a hidróxido férrico (de color rojizo), que implica corrosión. A elevadas temperaturas el hidróxido ferroso se convierte a una capa densa de protección de color negro denominada magnetita, que protege el metal del agua y del oxígeno. Sin embargo, esta capa que va creciendo conforme a las horas de funcionamiento de la planta, puede provocar graves averías porque su apilamiento genera grietas en los tubos y conductos de los equipos, que se someten a altas temperaturas, motivadas por la escasa transferencia de calor y a otros fenómenos mecánicos como desgarramientos producidos por la consecuente dilatación térmica descontrolada. Debido a esto se requiere de una adecuada intervención que impida la presencia de O<sub>2</sub> y otros gases.



Imagen9-4: Equipo de desgasificación. Fuente: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

Existen varios tipos de dispositivos de desaireación que vienen en una variedad de configuraciones según el fabricante, pero en este caso se opta por utilizar un desaireador de bandeja. Este equipo es un intercambiador de calor a contracorriente, el agua fría con gases disueltos ingresa por la parte superior y fluye hacia el fondo, mientras que el vapor de calentamiento corre en flujo contrario arrastrando consigo los gases. El vapor utilizado para calentar y el gas eliminado del agua son expulsados por el venteo. El agua resultante alimenta directamente a la caldera.

## 9.2.2 Agua de enfriamiento

### 9.2.2.1 Almacenamiento de agua de enfriamiento para reposición en CT-01

Se requiere reposición en el sistema debido a las pérdidas de agua que resultan por el arrastre de finas gotas (neblina), evaporación y purga. Las pérdidas de agua por neblina se deben a gotas de agua que son arrastradas en el vapor de aire de escape de la torre de enfriamiento. Dicha pérdida es inferior al 0,1% del flujo de agua. Por otra parte, las pérdidas por evaporación se generan cuando el fluido pulverizado se evapora para disminuir la temperatura, y por último, la purga corresponde a aquel volumen de agua que es intencionalmente arrojado fuera del sistema con el fin de controlar la concentración de sales u otras impurezas existentes en el agua de circulación.

El agua destinada a reposición en las torres de enfriamiento es aquella tratada según se describe en el punto 9.2.1, y es almacenada en el tanque T-06. Este posee la capacidad para el abastecimiento diario, 17,636 m<sup>3</sup>/día, considerando además un margen de seguridad del 15%.

Parámetro	Valor
h (m)	0,541
H (m)	5,422
D (m)	2,167
H/D	2,500
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	20,000
volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	1,330
Material	Acero AISI 316
Fabricante	Aerotan SA
<b>Volumen total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>22,660</b>

Fuente: Elaboración propia.

**9.2.2.2 Torre de enfriamiento**

En el proceso desarrollado se encuentra que es necesaria la utilización de agua como medio de enfriamiento específicamente para el intercambiador E-04, correspondiente al condensador de la columna de destilación reactiva, y para el intercambiador E-05, encargado de enfriar la corriente acuosa que egresa del decantador D-01.

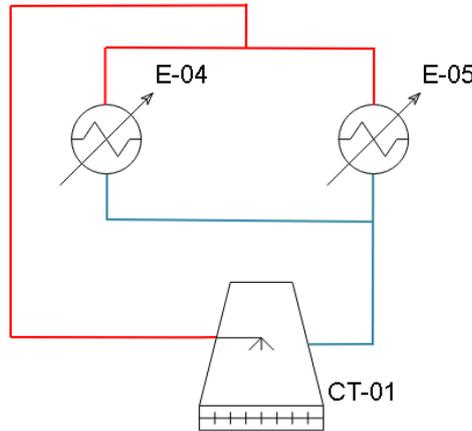


Imagen 9-5: Diagrama de abastecimiento del agua de enfriamiento. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9-3 se muestran los caudales manejados para estas operaciones.

Intercambiador	T entrada (°C)	T salida (°C)	Volumen necesario (m <sup>3</sup> /h)
E-04	25,000	32,000	72,30
E-05	25,000	32,000	1,18
TOTAL			73,48

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9-4 se muestra el calor a remover.

Equipo	Calor a remover (kcal/h)
E-04	503867,000
E-05	8262,500
TOTAL	512129,500

Fuente: Elaboración propia.

Se adoptan para este proceso torres de enfriamiento de tiro mecánico, estas utilizan ventiladores para forzar o aspirar aire a través del agua en circulación. El agua cae hacia abajo sobre las superficies de llenado, lo que ayuda a aumentar el tiempo de contacto entre el agua y el aire, contribuyendo a maximizar la transferencia de calor entre los dos.

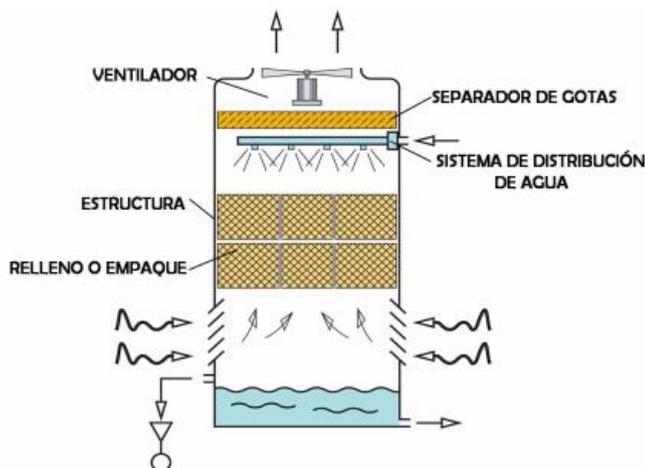


Imagen 9-6: Partes de una torre de enfriamiento. Fuente: ERW Torres de Refrigeración.

Los componentes básicos de una torre de enfriamiento son:

**Marco y carcasa:** Los marcos estructurales soportan los cerramientos exteriores, motores, ventiladores y otros componentes.

**Relleno:** Este facilita la transferencia de calor maximizando el contacto con el agua y el aire. El relleno puede ser de tipo salpicadura o de película. Con el relleno de salpicadura, el agua cae sobre capas sucesivas de barras de salpicadura horizontales, continuamente rompiéndose en gotitas más pequeñas, mientras que también moja la superficie del relleno. El relleno de película consiste en superficies plásticas delgadas y muy poco espaciadas sobre las cuales se esparce el agua, formando una fina película en contacto con el aire. Estas superficies pueden ser planas, onduladas, alveolares u otros patrones. El tipo de película de relleno es el más eficiente y proporciona la misma transferencia de calor en un menor volumen que el relleno de salpicadura.

**Depósito de agua fría:** El depósito de agua fría, ubicado en o cerca de la parte inferior de la torre, recibe el agua enfriada que fluye hacia abajo a través de la torre y se llena. En este se encuentra la conexión de descarga de agua fría.

**Boquillas:** Son rociadores que permiten la distribución uniforme del agua en la parte superior del relleno, la cual es esencial para lograr una humectación adecuada de toda la superficie del relleno.

**Ventiladores:** Los ventiladores de la torre proporcionan aire en movimiento para enfriar el agua de condensación mediante evaporación. Suelen utilizarse ventiladores de aspas de paso ajustables, permitiendo que se utilice el mismo ventilador en un amplio rango de variables de operación.

### 9.2.2.3 Adopción torre de enfriamiento

En base a los datos expuestos en las tablas 9-3 y 9-4 se adoptan las torres de enfriamiento. Se escogen las torres de enfriamiento marca FAVRA y de acuerdo a la energía que se debe remover en el proceso por hora de producción, 512129 kcal/h, y el caudal a manejar, 73,48m<sup>3</sup>/h.



Imagen 9-7: Torre de enfriamiento FAVRA serie 190-60. Fuente: (FAVRA SAIC, 2021)

Dentro de los modelos disponibles, que se muestran en la imagen 9-8 se escogen 3 módulos de la serie 190-50, con un caudal promedio de manejo en cada módulo de 25 m<sup>3</sup>/h.

MODELO	CAUDAL DE AGUA		RENDIMIENTO		PESO (CON PILETA)		CONSUMO
	MIN.	MAX.	CAUDAL	CALOR	VACIO	OPER.	MAX.
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	kcal/h	kg	kg	kW
190-5	2.21	9.68	3.41	18755	47	104	0.37
190-10	2.21	9.68	6.82	37510	60	130	0.37
190-15	4.67	20.48	10.23	56265	106	226	0.75
190-20	4.67	20.48	13.64	75020	114	221	0.75
190-25	4.67	20.48	17.05	93775	126	263	0.75
190-30	10.51	46.08	20.54	112970	286	606	1.50
190-50	10.51	46.08	34.09	187495	302	637	1.50
190-60	10.51	46.08	40.91	225005	319	679	1.50
190-70	14.31	62.72	47.73	262515	361	981	2.20
190-80	14.31	62.72	54.55	300025	383	1063	2.20
190-90	14.31	62.72	61.36	337480	420	1115	2.20
190-100	26.35	115.52	68.18	374990	618	1414	4.00
190-110	26.35	115.52	75.00	412500	654	1460	4.00
190-120	26.35	115.52	81.81	449955	708	1554	4.00
190-130	35.33	154.88	88.64	487498	506	2210	4.00
190-150	35.33	154.88	102.30	562650	559	2320	4.00
190-175	35.33	154.88	119.30	656150	612	2430	4.00
190-200	35.33	154.88	136.20	749100	620	2438	5.50
190-225	35.33	154.88	153.23	842765	717	2596	7.50

Imagen 9-8: Especificaciones de torre de enfriamiento. El caudal y calor disipado indicados corresponden a agua enfriada de 35°C a 29.5°C con una temperatura de bulbo húmedo de 25.6°C. Fuente: (FAVRA SAIC, 2021).

Se expone a continuación en la tabla 9-5 las características y dimensiones de las torres de enfriamiento FAVRA 190-50. En la imagen 9-8 se observa la correspondencia de las dimensiones.

Dimensiones (cm)				Conexiones (pulg)	
A	B	H	E	C	S
153	153	280	217	1 x 2 1/2"	1 x 3"

Elaboración propia. Fuente: (FAVRA SAIC, 2021)

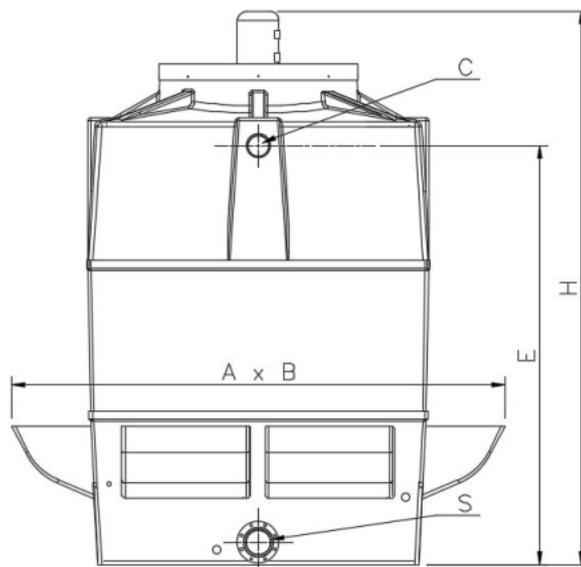


Imagen 9-9: Dimensiones de torre de enfriamiento FAVRA serie 190. Fuente: (FAVRA SAIC, 2021)

### 9.3 VAPOR DE AGUA

Al igual que el suministro de agua, el vapor no participa de forma directa en el proceso productivo, sino que este constituye la fuente de calefacción de las materias primas en el intercambiador E-02 y en el rehervidor de la columna de destilación reactiva, identificado como E-03.

Tabla 9-6: Vapor necesario

Equipo	Corriente a calefaccionar			Vapor				Calor (kcal/h)
	Tag.	T ingreso (°C)	T egreso (°C)	Tag.	Presión (atm)	T (°C)	Cantidad (kg/h)	
E-02	C'	97,000	110,000	M	2,000	120,000	19,460	10268,40
E-03	H	126,000	126,000	L	2,430	127,000	840,430	439880,00

Fuente: Elaboración propia.

Durante el arranque de la planta no se cuenta con la corriente de producto que calefacciona en el intercambiador E-01 las materias primas de 25°C a 97°C. Por ello, tal como se menciona en el capítulo VII, el intercambio energético se realiza mediante vapor de caldera. En la tabla 9-7 se especifica este consumo.

Tabla 9-7: Vapor necesario en puesta en marcha

Corriente a calefaccionar			Vapor				Calor (kcal/h)
Tag.	T ingreso (°C)	T egreso (°C)	Tag.	Presión (atm)	T (°C)	Cantidad (kg/h)	
C	25,000	110,000	M	2,000	120,000	113,210	9506,000

Fuente: Elaboración propia.

#### 9.3.1 Almacenamiento de agua de reposición en caldera

Para optimizar el funcionamiento de la caldera, el agua de reposición debe ser tratada adecuadamente ya que, si esta tiene la calidad adecuada, se reduce la necesidad de purgado. Lo cual implica una reducción de la pérdida de energía térmica y una reducción del consumo de agua para reposición.

Las purgas en las calderas tienen como propósito controlar los parámetros del agua de la caldera dentro de los límites prescritos para minimizar las incrustaciones, la corrosión, el arrastre y otros problemas específicos. La purga también se utiliza para eliminar los sólidos en suspensión presentes en el sistema. Estos sólidos son causados por la contaminación del agua de alimentación, por los precipitados del tratamiento químico interno o por exceder los límites de solubilidad de las sales solubles.

La purga puede variar desde menos del 1% cuando se dispone de agua de alimentación de muy alta calidad hasta más del 20% en un sistema crítico con agua de alimentación de mala calidad. Para este caso puntual se asume un 10% del total de condensados como agua de reposición, el cual corresponde a 2,15 m<sup>3</sup>/día.

Luego del tratamiento del agua descrito en el punto 9.2.1, el agua para reposición en caldera es almacenada en un tanque con un volumen equivalente a su uso en dos días.

Parámetro	Valor
h (m)	0,325
H (m)	3,245
D (m)	1,300
H/D	2,500
Volumen cilindro (m <sup>3</sup> )	4,306
Volumen cabezal (m <sup>3</sup> )	0,287
Material	AISI 304
Fabricante	Aerotan SA
<b>Volumen total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>5,000</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 9.3.2 Consideraciones para calderas

La utilización de agua para la generación de vapor como medio calefactor se debe a que esta posee un bajo costo, alta disponibilidad, no es inflamable ni tóxico, posee un amplio rango de temperaturas de empleo y un elevado calor específico.

Las calderas se dividen en dos grandes grupos, calderas humotubulares y acuotubulares. Se expone a continuación una breve comparación entre estas.

Calderas Humotubular	Caldera Acuotubular
La tasa de evaporación es baja	La tasa de evaporación es alta
La presión de la caldera es baja	La presión de la caldera es alta
Menos compacta	De tamaño compacto
Los gases fluyen a través de los tubos y están rodeados de agua	El agua fluye a través de los tubos y está rodeada por los gases
Demanda de vapor es baja	Demanda de vapor es alta
La calidad del agua menos exigente	Calidad de agua exigente

Fuente: Elaboración propia.

Independientemente del tipo de caldera, las pruebas de rutina de los controles, los limitadores y la calidad del agua son esenciales para garantizar la seguridad continua, operación confiable y eficiente. Se deben evitar:

-Nivel de agua bajo que puede exponer el horno o los tubos de fuego y dar lugar al sobrecalentamiento.

-Alto nivel de agua que puede provocar el cebado de la caldera o el arrastre de agua, causando golpes de ariete, daños a válvulas y tuberías, así como fugas de vapor.

-Escamas, depósitos excesivos de lodo y sólidos disueltos que pueden acumularse rápidamente en la caldera debido a regímenes de purga o tratamiento de agua inadecuados. Estos pueden causar sobrecalentamiento de la caldera o arrastre de agua.

-Controles de combustión defectuosos que pueden permitir la presencia incontrolada de combustible, aire y una fuente de ignición, que puede resultar en incendios o explosiones.

### 9.3.3 Adopción de caldera

Como resultado del balance de masa y energía expuesto en el capítulo VII se obtienen los requerimientos energéticos del proceso, y por consiguiente el consumo de vapor. En la tabla 9-6 y 9-7 se exponen estos valores y a modo de resumen se presenta la tabla 9-10.

Tag.	Vapor			Calor (kcal/h)
	Presión (atm)	Temperatura (°C)	Cantidad (kg/h)	
M	2,000	120,000	19,460	10268,40
M*	2,000	120,000	113,210	9506,00
L	2,430	127,000	840,430	439880,00
TOTAL			973,100	459654,40

Fuente: Elaboración propia.

M\* representa el calor intercambiado en la puesta en marcha. En este punto se hace uso del intercambiador E-02, el cual está diseñado para operar bajo este régimen como en estado estacionario, representado por M.

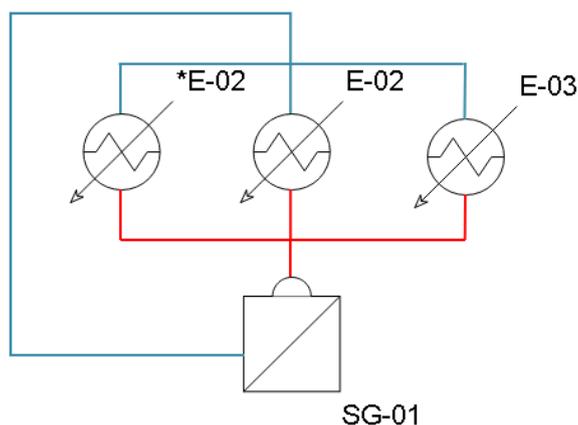


Imagen 9-10: Diagrama de distribución de vapor. Fuente: Elaboración propia.

En función de dichos requerimientos y de acuerdo a la clasificación de las calderas expuesta en la tabla 9-11, se adopta una caldera humotubular que opera a bajas presiones.

Presión de trabajo		Producción de vapor	
Baja presión	Hasta 5 atm	Calderas chicas	Hasta 2 t/h
Media presión	Hasta 20 atm	Calderas medianas	Hasta 20 t/h
Alta presión	20 atm - presiones críticas	Calderas grandes	20 t/h - 600 t/h
Supercríticas	presiones críticas		

Fuente: (Programa de formación de líderes energéticos, 2021).

A partir de las opciones disponibles en el mercado que cumplen con los requerimientos antes mencionados, se escoge una caldera de la firma Fontanet modelo HC-HF - 16.

Parámetros	
Marca	Fontanet
Modelo	HC-HF -16
Tipo	Humotubular tres pasos fondo húmedo
Combustibles	Líquidos pesados o livianos y/o gaseosos
Rendimiento	87%
Construcción	Tipo paquete - equipos auxiliares incorporados
Producción de vapor	Mínimo 1500 kg/h - Máximo 1800 kg/h
Capacidad térmica	Desde 809726,58 kcal/h hasta 969984,97 kcal/h
Dimensiones	
Largo total A	4,650 m
Ancho total B	2,700 m
Alto total con domo C	2,300 m
Distancia entre patas D	0,400 m

Fuente: (FONTANET. Calderas y tanques, 2021). *Elaboración propia.*

Dada la disponibilidad de gas natural en el parque industrial, se decide que la caldera funcione con este combustible.

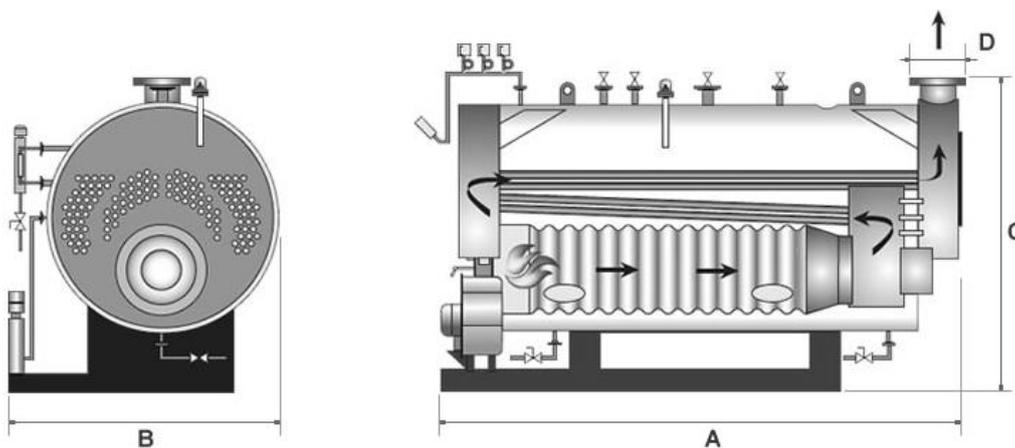


Imagen 9-11: Dimensionamiento de caldera Fontanet modelo HC-HF. Fuente: (FONTANET. Calderas y tanques, 2021)

### 9.3.4 Dimensiones de tuberías de distribución de vapor y condensado

La finalidad del circuito de tubería de vapor es llevar el vapor generado en SG-01 a una determinada presión y suministrarlo a cada uno de los equipos que utilizan vapor de acuerdo con su requerimiento en cuanto a cantidad, calidad y presión. El tamaño de las tuberías de vapor o el tamaño correcto de las líneas de vapor reducen la caída de presión y la pérdida de radiación. Las tuberías de vapor de tamaño insuficiente provocan una gran caída de presión y provocan la falta de vapor en el punto de uso. Por el contrario, las tuberías de vapor sobredimensionadas no son de ninguna manera perjudiciales para el funcionamiento de la planta, pero conducen a un aumento innecesario del coste de capital de instalación. Además, las tuberías sobredimensionadas también aumentan los costes de funcionamiento debido a las pérdidas por radiación.

El dimensionamiento del diámetro de la tubería de vapor saturado y retorno de condensado se realiza considerando la velocidad y presión por la que circulan en la línea de distribución.

El diámetro de las tuberías se ve ligado a la velocidad del vapor, puesto que, con una mayor velocidad del vapor en la línea de distribución, aumenta la erosión y el ruido en las tuberías. Por lo tanto las velocidades recomendadas para una adecuada y correcta distribución de vapor dentro de las líneas son de 15 a 40 m/s. Mientras que para el retorno de condensado la velocidad de diseño depende de la existencia de vapor en la línea, en este caso es solo líquido y por lo tanto la velocidad adecuada es de 1 a 1,5 m/s. (Spirax Sarco, 2021)

El cálculo del diámetro de la tubería corresponde a la siguiente ecuación, correspondiente al gráfico 9-1:

$$D = \sqrt{\frac{4 * M_v * V_e}{v * \pi}} \quad Ec (9 - 1)$$

Donde:

- D: Diámetro de la tubería (m)
- Mv: Masa de vapor (kg/h)
- Ve: Volumen específico del vapor (m<sup>3</sup>/kg)
- V: Velocidad del vapor (m/h)

A partir del cálculo del diámetro mínimo, se debe seleccionar como diámetro nominal inmediatamente superior de los diámetros nominales normalizados.

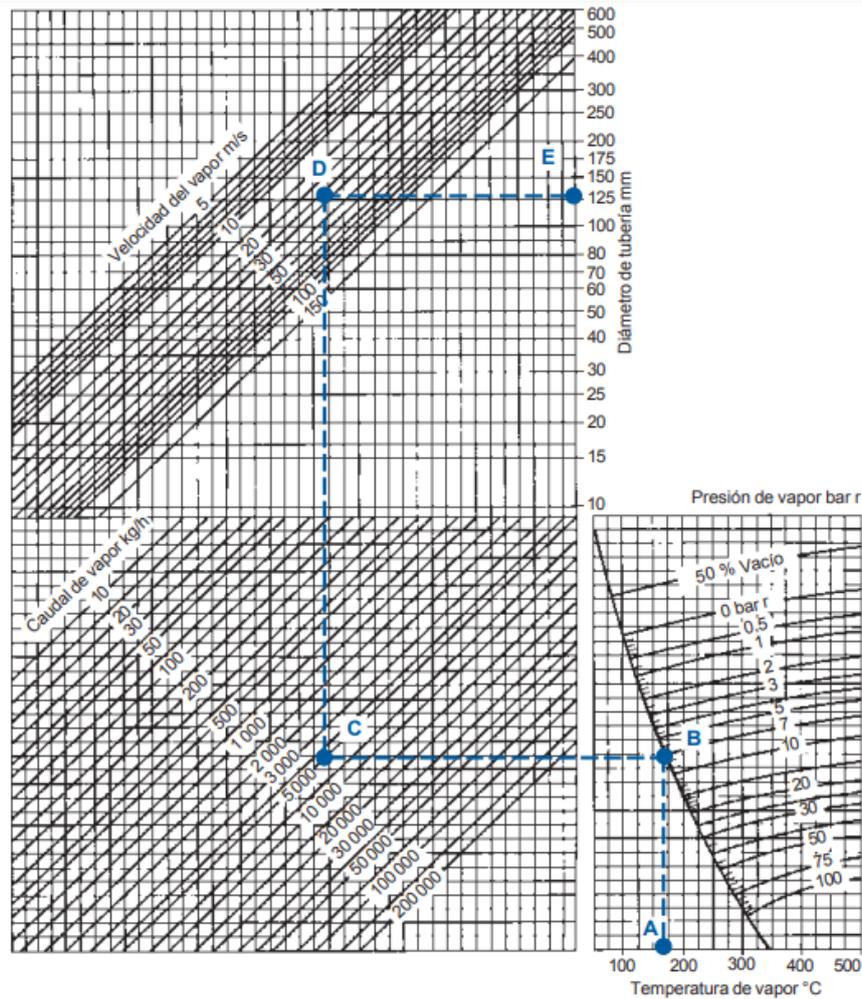


Gráfico 9-1: Gráfico para dimensionar tuberías para vapor saturado y vapor recalentado. Fuente: (Spirax Sarco, 2021)

Se considera como buenas prácticas para seleccionar la tubería de retorno uno o dos tamaños más grandes para permitir el aumento de la capacidad de la planta y eventual suciedad de la tubería con óxido y sarro.

### 9.3.5 Pérdida de calor en la red

Las líneas de retorno de condensado y distribución de vapor no aisladas son una fuente constante de energía desperdiciada. El aislamiento generalmente puede reducir las pérdidas de energía en un 90% y ayudar a garantizar una presión de vapor adecuada en los equipos de la planta.

Dado que la planta requiere el suministro de vapor en dos puntos (E-02 y E-03), los condensados se unen en una única línea y junto con el agua de reposición tratada ingresan al desgasificador para luego ser bombeados a la caldera y generar vapor nuevamente.

En tuberías en las que pasa vapor a presiones iguales o menores a 10 atm se ha determinado empíricamente el espesor de aislante correspondiente. En la tabla 9-13 se expresa lo antes mencionado.

Diámetro de tubería (mm/plg)	Espesor de aislante (mm/plg)
< 50,800 / 2	25,400 / 1
> 50,800 / 2	50,800 / 2

Fuente: Elaboración propia.

### 9.3.6 Sistema de distribución

El sistema de distribución cuenta con dos líneas de vapor, una de ellas se dirige al intercambiador E-02 y la otra hacia el rehervidor de la columna, E-03. Dado que el equipo E-02 es utilizado durante la puesta en marcha y luego bajo estado estacionario del proceso, esta línea de distribución se calcula en base al caudal máximo tanto de vapor requerido como posterior condensado.

Para tales efectos se calcula el diámetro de las diferentes conexiones teniendo en cuenta la masa de vapor que va a ser transportada.

Línea de vapor	Composición	Masa (kg/h)	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)	Velocidad (m/s)	Aislante
Línea de vapor a E-02	Vapor	113,210	0,880	30,000	Lana mineral
	Condensado	101,880	0,001	1,500	
Línea de vapor a E-03	Vapor	840,430	0,736	30,000	
	Condensado	756,380	0,001	1,500	

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	mm	plg
<b>Tubería de entrada a E-02</b>		
Diámetro calculado	34,360	1,350
Diámetro Nominal	38,100	1,500
Espesor del aislante	25,400	1,000
<b>Tubería de entrada a E-03</b>		
Diámetro calculado	84,330	3,350
Diámetro Nominal	88,900	3,500
Espesor del aislante	50,800	2,000

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las líneas de condensado, se unifican en una única tubería de 1plg de diámetro y una aislación de 1 plg de lana de vidrio.

### 9.3.7 Trampas de vapor

Para recolectar el condensado se utilizarán trampas de vapor, así como filtros para que el agua que reingrese a la caldera, se encuentre sin partículas sólidas que puedan afectar el rendimiento. Estas se instalan en lugares donde el condensado pueda acumularse, tratando de evitar que el condensado cubra el área transversal de la tubería, lo que podría ocasionar que el

condensado sea propulsado a gran velocidad. Las trampas deberán de instalarse en intervalos de 30 a 50 metros, tal como se esquematiza la siguiente imagen.

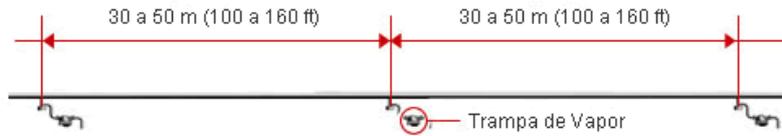


Imagen 9-12: Distribución de trampas de vapor. Fuente: (TLV, 2021)

Las trampas de vapor se colocan inmediatamente antes de válvulas de control a modo de prevenir que el condensado se acumule cuando las válvulas estén cerradas. La trampa de vapor también ayuda a reducir la erosión del asiento de la válvula ocasionado por el condensado. Una correcta instalación de estas en las líneas de condensados se muestra en la imagen 9-13. (Spirax Sarco, 2021)

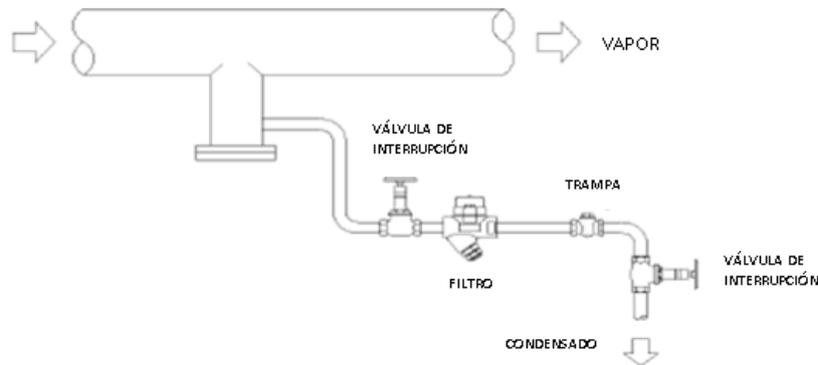


Imagen 9-13: Instalación de línea de vapor. Fuente: (Spirax Sarco, 2021).

Otro punto importante a considerar es la colocación de separadores. Estos deben colocarse antes del ingreso del vapor a los equipos, de modo que se asegure el ingreso de vapor seco y no vapor húmedo.

El vapor húmedo se presenta ya que tan pronto como el vapor sale de la caldera, parte de éste condensa para reponer el calor perdido a través de la pared de la tubería. El aislamiento reducirá naturalmente las pérdidas de calor, pero el flujo de calor y el grado de condensación disminuyen hasta cierta cantidad límite, y si no se toman acciones apropiadas, estas cantidades se acumularán. El condensado formará gotitas en la pared interior de la tubería, que se unirán formando una película al ser barridas por el flujo de vapor.

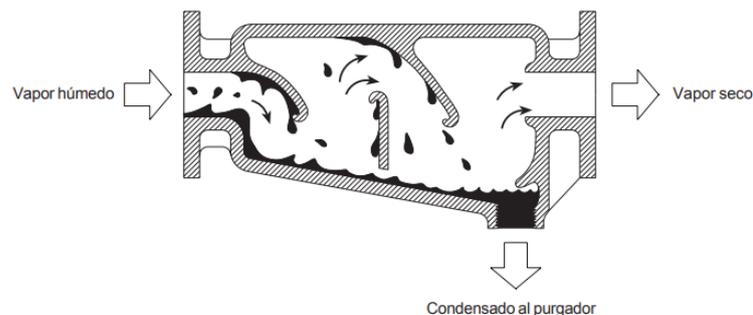


Imagen 9-14: Sección típica de un separador. Fuente: (Spirax Sarco, 2021).

El agua se dirige a la parte inferior de la tubería por efecto de la gravedad, y por lo tanto, el espesor de la película será mayor allí. Al pasar el vapor sobre la película de agua, se pueden levantar ondulaciones que lleguen a formar olas. Si esta acumulación continúa, las crestas de las olas se romperán, lanzando gotas de condensado sobre el flujo de vapor. El resultado es que el equipo de intercambio de calor recibe un vapor muy húmedo, que reduce el rendimiento de transmisión de calor y la vida útil de las válvulas de control.

#### 9.4 GAS

Tal como se menciona en el punto 9.3.4, dada la disponibilidad de gas natural en el parque industrial Paraná de las Palmas se lo escoge como combustible para el funcionamiento de la caldera SG-01. Siendo este el punto de mayor demanda, ya que en menor medida es utilizado en espacios que no participan de forma directa en el proceso productivo. Entre ellos se puede mencionar, laboratorio, oficinas, cocina y comedor.

El parque industrial cuenta con una estación reguladora de presión (red de media y alta presión) y cañerías para la distribución interna de gas natural. (Parque industrial y logístico Paraná de las Palmas, 2021)

Para calcular la demanda de gas natural se considera el consumo principal en la caldera SG-01, mediante la ecuación 9-2 se calcula este consumo.

$$C_g = \frac{E}{\eta * P_g} \quad Ec (9 - 2)$$

Donde:

- C<sub>g</sub>: Caudal de gas natural (m<sup>3</sup>/h).
- P<sub>g</sub>: Poder calorífico del gas natural: 9300 kcal/m<sup>3</sup>.
- η: Rendimiento de la combustión: 87%.
- E: Energía necesaria en la caldera: 450148,4 kcal.

En la energía necesaria se considera el proceso en estado estacionario.

Tabla 9-16: Consumo de gas natural	
Destino	Consumo (m <sup>3</sup> /h)
SG-01	60,508

Fuente: Elaboración propia

#### 9.5 BOMBAS

Según los criterios y lineamientos generales de diseño y adopción de bombas empleados en el capítulo 8, se adaptan las bombas empleadas para la circulación sobre el circuito cerrado de agua de enfriamiento P-10 y las bombas que tienen la tarea de retornar los condensados a caldera P-11 y P-12.

##### 9.5.1 Bomba P-10 - Circulación de agua de enfriamiento

Tal y como fue establecido, esta bomba debe ser la responsable de poder mantener la circulación de agua de enfriamiento sobre un circuito que permita alimentar al condensador de vapores de tope de la columna E-04 y al intercambiador que enfría la fase acuosa que

egresa del decantador E-05. El agua provista por los 3 módulos de la torre de enfriamiento es bombeada por P-10 hacia ambos intercambiadores simultáneamente.

La importancia de los cálculos de diseño reside en el gran caudal requerido por el condensador, tal es así, que, en principio, el circuito se piensa en torno a la ubicación y disposición del equipo mencionado. Aunque con menos importancia en términos de caudal necesario, el intercambiador que enfría la fase acuosa recibe agua a partir de una ramificación de menor diámetro del anillo general. Ambos retornos a las torres, también son unificados como muestra la imagen 9-5.

La tabla 9-17 muestra los datos que se consideran para los cálculos y dichos resultados son expuestos en la tabla 9-18.

Tabla 9-17: Características de la línea de transporte

Origen	Destino	Bomba	Temperatura (°C)	Presión p (atm)	Viscosidad $\mu$ (cP)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Caudal Q (m <sup>3</sup> /h)
CT-01	CT-01	P-10	25,000	1,300	0,922	996,708	72,301
							1,185

Fuente: Elaboración Chemcad

Tabla 9-18: Adopción de P-10					
Resultados de cálculos para tramo de tubería con destino a E-04					
P-10	Admisión		Impulsión		Accesorios
Velocidad (m/s)	0,360		0,561		Admisión
Diámetro (mm)	268,860		215,320		2 codos de 90
Número de Reynolds	81040		129800		
Factor de fricción	0,026		0,024		
Longitud equivalente (m)	62,280		208,195		
Pérdida de carga	0,028		0,426		Impulsión
Presión (atm)	1,000		1,200		10 codos de 90 y E-04
Altura (m)	0,000		2,170		
Potencia (HP)			-		
Resultados de cálculos para ramificación de tubería con destino a E-05					
P-10	Admisión		Impulsión		Accesorios
Velocidad (m/s)	-		0,454		Admisión
Diámetro (mm)	-		30,400		-
Número de Reynolds	-		18330		
Factor de fricción	-		0,033		
Longitud equivalente (m)	-		16,330		
Pérdida de carga	-		0,034		Impulsión
Presión (atm)	-		1,300		1 codo de 90 y E-05
Altura (m)	-		-		
Potencia (HP)			-		
Total					
Longitud equivalente (m)	62,280		224,525		
Pérdida de carga	0,028		0,460		
Presión (atm)	1,000		1,300		
Altura (m)	0,000		2,170		
Potencia (HP)			2,412		
Adopción de tuberías					
Intercambiadores	Con destino a E-04		Con destino a E-05		
	Admisión	Impulsión	Admisión	Impulsión	
Diámetro nominal (in)	10	8	-	1	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316				
Adopción de bomba					
Proveedor	Grundfos Argentina				
Modelo	NK 50-125/144 AA1F2AESBQQEMW1				
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	100				
Presión máxima (bar)	16				
Carga máxima (m)	25				
Potencia (HP)	10,05				
Frecuencia	50				

Fuente: (Grundfos, 2021)

RENDIMIENTO

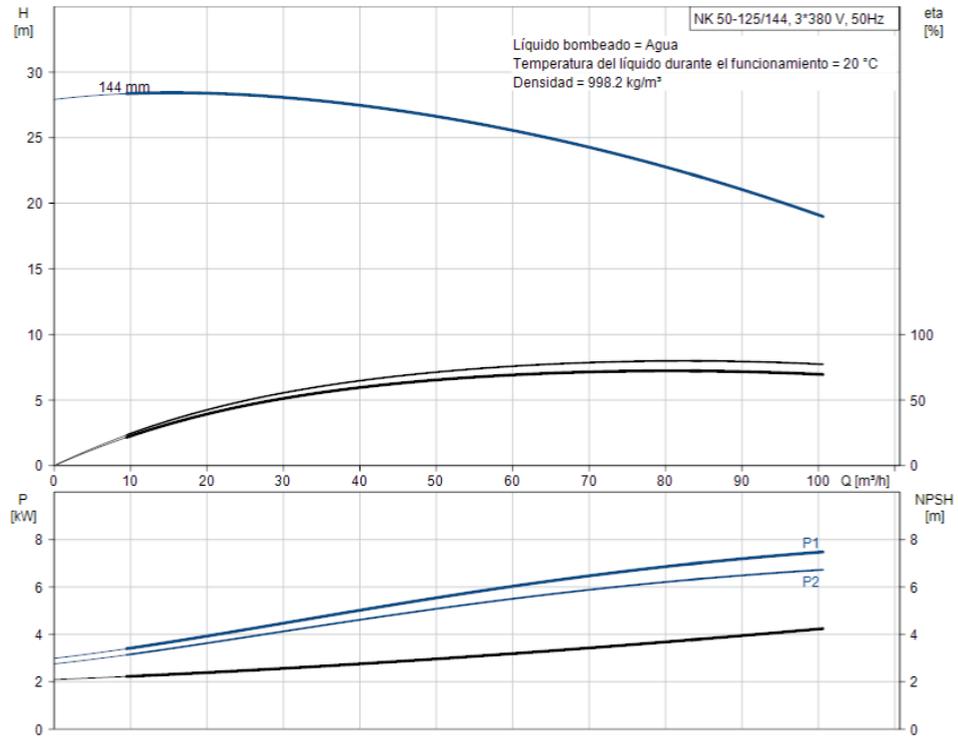


Imagen 9-15: Curvas de operación de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

MOTOR

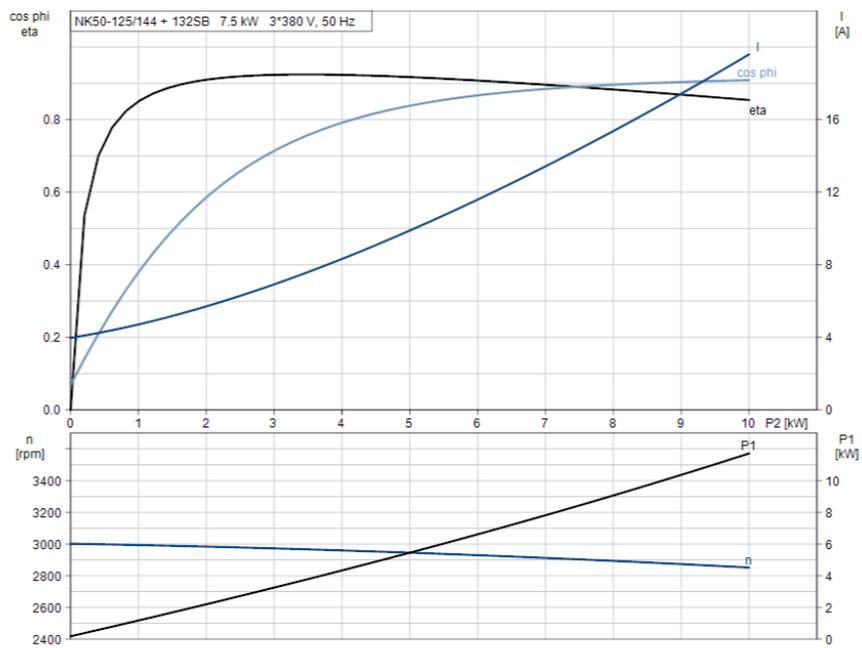


Imagen 9-16: Curvas de operación del motor de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)



Imagen 9-17: Apariencia de la bomba adoptada NK 50-125/144. Fuente: (Grundfos, 2021)

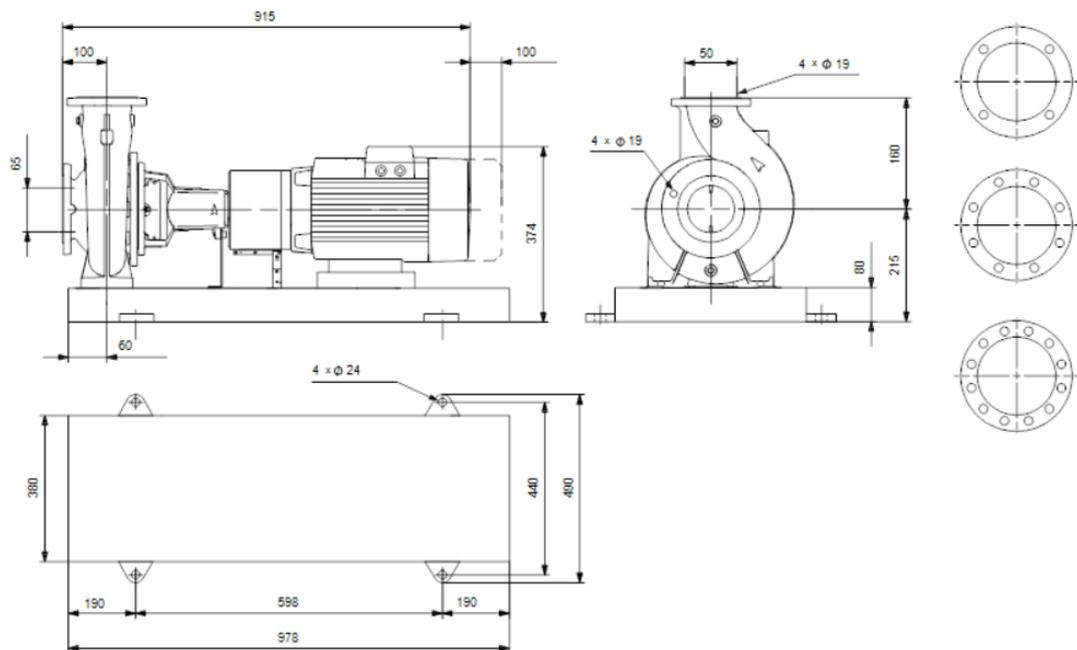


Imagen 9-18: Dimensiones de la bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

### 9.5.2 Bombas P-11 y P-12 - Retorno de condensados

Ambas bombas deberán conducir los condensados que egresan de los intercambiadores E-02 y E-03. Estos condensados son redirigidos a la caldera y son incorporados en el punto de mezcla con alimentación fresca, justamente entre el desgasificador y la caldera. Uno de los criterios al momento de seleccionar este tipo de bombas, es la temperatura. Es importante considerarla y se busca que la información brindada por el proveedor resalte la resistencia a una temperatura dada de trabajo. Para este caso, 130 °C. También es contemplado el caudal máximo, la carga máxima, potencia y la presión máxima de trabajo.

Se realizan los cálculos según los datos detallados en la tabla 9-19.

Tabla 9-19: Características de las líneas de transporte							
Origen	Destino	Bomba	Temperatura (°C)	Presión p (atm)	Viscosidad $\mu$ (cP)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Caudal Q (m <sup>3</sup> /h)
E-03	SG-01	P-11	127,000	1,000	0,227	941,869	0,803
E-02	SG-01	P-12	127,000	1,000	0,215	936,781	0,109

*Fuente: (Chemcad)*

La imagen 9-19 en conjunto con la tabla 9-20 y 9-21 clasifican los resultados obtenidos para la adopción de las bombas y las mismas bombas adoptadas. Para ambos casos, P-11 y P-12, la bomba es la misma.

Tabla 9-20: Adopción de P-11			
Resultados de cálculos			
P-01	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,303	0,471	Admisión
Diámetro (mm)	30,630	24,560	1 codo de 90
Número de Reynolds	38130	61140	
Factor de fricción	0,029	0,027	
Longitud equivalente (m)	3,000	20,355	
Pérdida de carga	0,000	0,411	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,000	4 codos de 90 y una conexión en T
Altura (m)	0,000	2,300	
Potencia (HP)	0,011		
Origen / Destino	E-03 / SG-01		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	1	3/4	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CRT 2-2 A-P-A-E-AUUE		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	3,5		
Presión máxima (bar)	25		
Altura máxima (m)	18		
Potencia (HP)	0,335		
Frecuencia (Hz)	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

Tabla 9-21: Adopción de P-12

Resultados de cálculos			
P-01	Admisión	Impulsión	Accesorios
Velocidad (m/s)	0,264	0,470	Admisión
Diámetro (mm)	12,070	9,050	1 codo de 90
Número de Reynolds	286	429	
Factor de fricción	0,224	0,149	
Longitud equivalente (m)	3,000	15,155	
Pérdida de carga	0,255	4,589	Impulsión
Presión (atm)	1,000	1,000	4 codos de 90 y una conexión en T
Altura (m)	0,000	2,300	
Potencia (HP)	0,0038		
Origen / Destino	E-02 / SG-01		
Adopción de tuberías			
Diámetro nominal (in)	1/4	1/8	
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 316		
Adopción de bomba			
Proveedor	Grundfos Argentina		
Modelo	CRT 2-2 A-P-A-E-AUUE		
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	3,5		
Presión máxima (bar)	25		
Altura máxima (m)	18		
Potencia (HP)	0,335		
Frecuencia (Hz)	50		

Fuente: (Grundfos, 2021)

RENDIMIENTO

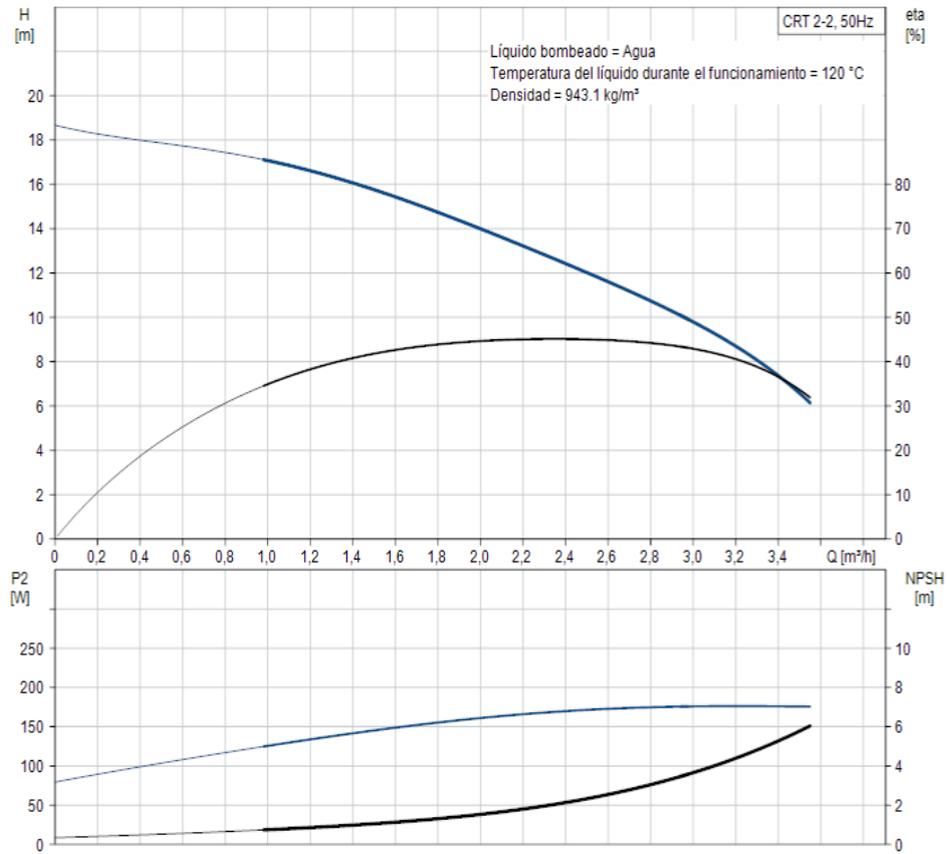
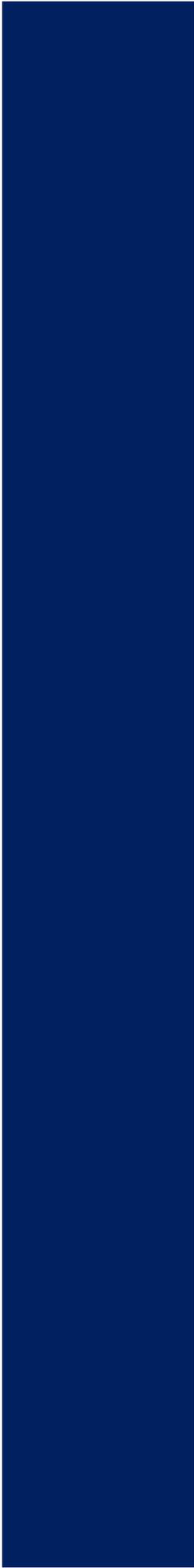


Imagen 9-19: Curvas de operación de bomba adoptada. Fuente: (Grundfos, 2021)

# CAPÍTULO X

## GESTIÓN DE CALIDAD



## CAPÍTULO X: GESTIÓN DE CALIDAD

### 10.1 INTRODUCCIÓN

La Gestión de la Calidad es el ejercicio de supervisar las actividades, tareas y procesos (entradas) que se utilizan para crear un producto o servicio (salidas) a fin de que se mantengan en un estándar alto y consistente. Hay tres componentes principales de gestión de la calidad: planificación de la calidad, control de calidad y la mejora de la calidad. El proceso de implementación de los tres componentes en una organización se centra no solo en la calidad de los resultados (productos y servicios) sino también en los insumos, las tareas y procesos mediante los cuales se crearon los resultados. Idealmente, la calidad de un producto y / o servicio no solo está aumentando, sino que el proceso mediante el cual se crea el producto y / o servicio se está volviendo mejor, logrando así productos y servicios más consistentes y de mayor calidad.

La adopción de un sistema de gestión de calidad es una decisión estratégica para la organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible (Organización Internacional de Normalización, ISO 9001:2015)

Los beneficios potenciales para una organización de implementar un sistema de gestión de calidad basado en la Norma ISO 9001 son:

- a. La capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.
- b. Facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente.
- c. Abordar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos.
- d. La capacidad de demostrar

En el presente capítulo se establecen los diferentes controles que se le realizaran a lo largo del proceso productivo, abarcado las materias primas que ingresan a planta, hasta el producto final. Se describirán los métodos y técnicas de análisis necesarios en cada una de las etapas, y se dejarán establecidos los registros que se utilizaran en cada punto de control tanto para la inspección de las diferentes variables como para el asentamiento de los resultados de laboratorio.

### 10.2 CONTROL DE MATERIAS PRIMAS

Las materias primas utilizadas en el proceso de producción, ácido acético y n-butanol, llegan a la planta en camiones cisterna. En la recepción, se controla en primera instancia el remito y la hoja de calidad correspondiente a esa partida, luego se realizan análisis de rutina para corroborar la calidad de las materias primas, ya que un desvío en estas generara problemas posteriormente.

Las variables que se analizan son aquellas que pueden llegar a producir algún desvío en los parámetros establecidos.

### 10.2.1 Especificaciones de calidad requeridas

En la siguiente tabla se especifican los diferentes parámetros que se le controlan al ácido acético y n-butanol que ingresan a planta; también se especifica los límites aceptados, métodos analíticos utilizados, frecuencia de control, responsabilidades y registros asignados.

Tabla 10-1: Control de materias primas					
Control de materia prima: Ácido acético					
Determinación	Límites	Método analítico	Frecuencia	Responsable	Registro
Concentración	99%	MT-LAB-01	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01
Densidad	1047 kg/m <sup>3</sup> a 20°C	MT-LAB-02	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01
Apariencia	Transparente e incoloro	MT-LAB-03	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01
Control de materia prima: N-butanol					
Determinación	Límites	Método analítico	Frecuencia	Responsable	Registro
Concentración	99%	MT-LAB-01	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02
Densidad	809,8 kg/m <sup>3</sup> a 20°C	MT-LAB-02	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02
Apariencia	Líquido incoloro, claro	MT-LAB-03	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02

Fuente: Elaboración propia.

### 10.2.2 Registro de análisis

Luego de realizar las determinaciones de control establecidas, el analista de laboratorio es el responsable de completar el registro, RG-LAB-01 o RG-LAB-02 según corresponda. Los datos del proveedor, patente del camión y número de remito son brindados por el operario de logística, cuando este lleva la muestra para el control. Cada uno de los envíos a la planta deberá estar debidamente acompañado de:

- Hoja de Seguridad o Ficha de Seguridad del producto.
- Certificado de Proveedor.
- Remito y toda la información administrativa pertinente a la entrega del insumo.

Tabla 10-2: Registro de control ácido acético				
REGISTRO DE CONTROL DE ÁCIDO ACÉTICO			Revisión 0	RG-LAB-01
Fecha				
Proveedor				
Numero de remito				
Patente				
Variable	Referencia	Unidad	Valor	Responsable
Concentración	99-99,9	%		
Densidad	1047 a 20°C	kg/m <sup>3</sup>		
Apariencia	Transparente incoloro	-		
Cumple con todos los parámetros		Aceptar lote		
No cumple con los parámetros		Rechazar lote		
Observaciones				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-3: Registro de control n-butanol				
REGISTRO DE CONTROL DE N-BUTANOL			Revisión 0	RG-LAB-02
Fecha				
Proveedor				
Numero de remito				
Patente				
Variable	Referencia	Unidad	Valor	Responsable
Concentración	99-99,9	%		
Densidad	809,8 a 20°C	kg/m <sup>3</sup>		
Apariencia	Líquido incoloro, claro	-		
Cumple con todos los parámetros		Aceptar lote		
No cumple con los parámetros		Rechazar lote		
Observaciones				

Fuente: Elaboración propia.

### 10.2.3 Procedimiento y registro de descarga

El responsable de la descarga de químicos, perteneciente al equipo de logística deberá realizar la descarga de ácido acético y n-butanol de acuerdo a lo expuesto en el procedimiento PR-LOG-01.

Tabla 10-4: Procedimiento descarga de materias primas	
PROCEDIMIENTO DESCARGA DE ÁCIDO ACÉTICO Y N-BUTANOL	
Revisión 0	
PR-LOG-01	
Antes de la descarga	Antes de ingresar una unidad verificar el espacio en tanques de almacenamiento (T-01 y T-02).
	Verificar la capacidad de la cámara de contención y estado de la misma. Esta deberá estar vacía.
	Coordinar con balanza el ingreso de las unidades y asistir a los choferes para la correcta ubicación de las unidades para la posterior descarga.
	Se dará aviso al personal encargado del control del proceso, panelistas, a fin de dar conocimiento de la operatoria.
	Una vez bien ubicada la unidad colocar se deben colocar las calzas para ruedas (topes), y colocar la puesta a tierra.
	Se abre la válvula de toma muestra. Se recoge la muestra en recipiente estéril, y es llevada al laboratorio de control de calidad junto a las especificaciones técnicas detalladas por el proveedor e identificación del camión.
	Luego de ser validadas las especificaciones y calidad del producto según los parámetros preestablecidos se procede a la descarga.
Descarga	Se procede a la apertura de las válvulas, comenzando por ambas válvulas del camión cisterna, luego las válvulas de ingreso al tanque y por último la válvula de liberación del aire, la cual dará arranque a la bomba
Posterior a la descarga	Si se han producido derrames, deberán controlarse de inmediato utilizando el material absorbente dispuesto en el lugar.
	Una vez finalizada la descarga se procederá a cerrar todas las válvulas abiertas, desconectar la manguera y colocar los respectivos seguros.
	Se da indicación al chofer para su correcto retiro.

Fuente: Elaboración propia.

En cada ingreso de materia prima debe completarse el registro correspondiente a cargo del operario en turno.

Tabla 10-5: Registro de recepción de ácido acético				
REGISTRO INGRESO ÁCIDO ACÉTICO			Revisión 0	RG-LOG-01
Fecha	Hora	Numero de remito	Patente	Cantidad descargada (kg)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-6: Registro de recepción de n-butanol				
REGISTRO INGRESO N-BUTANOL			Revisión 0	RG-LOG-01
Fecha	Hora	Numero de remito	Patente	Cantidad descargada (kg)

Fuente: Elaboración propia.

### 10.3 CONTROL DE PROCESO

Toda planta industrial se diseña para llevar a cabo un proceso productivo que, partiendo de la materia prima y los insumos entrega bienes cuyo valor lo determina finalmente el mercado, principalmente en base a su calidad. El objetivo de todo proceso industrial es la obtención de un producto final, con características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado. Obtener un producto estandarizado solo es posible mediante el control de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. El objetivo del control de proceso es corregir las desviaciones en las variables de proceso respecto de los valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto.

La implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades de nuestro sistema, significará una sensible mejora de la operación. Principalmente los beneficios obtenidos serán, un incremento de la productividad, mejora de los rendimientos y calidad, ahorro energético, seguridad operativa, optimización de la operación del proceso, entre otros.

#### 10.3.1 Plan de control de proceso

Se implementa un sistema de control en los distintos equipos del proceso, poniendo énfasis en aquellos puntos considerados como críticos que pueden afectar la calidad del producto o funcionamiento de la planta. Este accionar tiene como resultado un estricto control de las variables del proceso, repercutiendo de manera directa en la calidad final del producto.

El control de las variables en campo es realizado por el operador de planta, además este es el encargado de la toma de muestras según corresponda y el analista de laboratorio realiza las correspondientes determinaciones

Todos los controles que se le realizan durante el proceso productivo son plasmados en un “Plan de control de proceso”, en donde se describen las variables que se deben controlar en cada una de las etapas del proceso, como así los límites de especificación, la frecuencia en que se debe realizar, los responsables de la realización, y las acciones preventivas y/o correctivas que se deben tomar en caso de un desvío.

Es necesaria la implementación de un plan de control de calidad en todo el proceso, debido a que existen variables influyentes en el desarrollo de todas las operaciones; se establecen los controles en distintos puntos de este, junto con las especificaciones que deben cumplirse para asegurar la idoneidad del producto terminado.

El control se establece sobre los puntos que se detallan a continuación, teniendo en consideración que se cuenta con un sistema de control automático integrado que permite el monitoreo de las variables críticas y, además, la interrupción o corrección según sea el caso.

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

Tabla 10-7: Plan de control de proceso								
PLAN DE CONTROL DE PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO								
Equipo / Corriente	Parámetro	Punto de control	Valor/Rango	Técnica	Frecuencia	Responsable	AC/AP	Registro
T-01	Nivel	T-01	9 m máx.	Control automático	3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de nivel.	RG-PRO-01
T-02	Nivel	T-02	10,5 m máx.		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de nivel.	RG-PRO-01
A	Caudal	Corriente A	510 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
B	Caudal	Corriente B	630 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
C	Caudal	Corriente C	1141 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

	Composición		XOHAc = 0,5	MT-LAB-01	2h	Operario de producción y analista de laboratorio	Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
			XBuOH = 0,5					
	Temperatura		25°C		3 Hs		Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
C'	Temperatura	Corriente C'	97°C	Control automático	3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
C''	Temperatura	Corriente C''	110°C		3 Hs		Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
M	Caudal	Corriente M	19,46 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

	Presión		2 atm		3 Hs		Verificar condiciones operativas del instrumento y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
	Temperatura		120°C		3 Hs		Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
C-01	Presión	C-01	1 atm		3 Hs		Verificar condiciones operativas del instrumento y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
	Temperatura	Plato 2	109°C		3 Hs		Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
		Plato 5	112°C		3 Hs			RG-PRO-01
		Plato 13	126°C		3 Hs			RG-PRO-01
	Composición	Plato 8	XOHAc =0 XBuOH =0,04 XBuOAc =0,98 XH2O =0,001	MT-LAB-01	2h	Operario de producción y analista de laboratorio	Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
D	Temperatura	Corriente D	107°C	Control automático	3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

						del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	
	Caudal		3427 kg/h		3 Hs	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
K	Temperatura	Corriente K	25°C		3 Hs	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
	Caudal		72063 kg/h		3 Hs	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
D'	Temperatura	Corriente D'	86°C		3 Hs	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
E	Caudal	Corriente E	3273 kg/h		3 Hs	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

							caudalímetro.	
	Composición		XOHAc =0	MT-LAB-01	2h	Operario de producción y analista de laboratorio	Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
		XBuOH =0,253						
		XBuOAc =0,516						
		XH <sub>2</sub> O =0,229						
F	Caudal	Corriente F	153 kg/h	Control automático	Continuo	Panelista y operario de producción	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
	Composición		XOHAc =0	MT-LAB-01	2h	Operario de producción y analista de laboratorio	Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
			XBuOH =0,004					
			XBuOAc =0,001					
XH <sub>2</sub> O =0,995								
Temperatura	86°C			3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01	
D-01	Nivel de interfase	D-01	0,352 m	Control automático	3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de nivel.	RG-PRO-01
N	Temperatura	Corriente N	25°C		3 Hs		Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

						del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	
	Caudal		1181 kg/h		3 Hs	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
F'	Temperatura	Corriente F'	32°C		3 Hs	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
T-05	Nivel	T-05	4 m máx.		3 Hs	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de nivel.	RG-PRO-01
G	Temperatura	Corriente G	126°C		3 Hs	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

	Composición		XBuOAc =0,99	MT-LAB-01	2h	Operario de producción y analista de laboratorio	Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
H	Caudal	Corriente H	4366 kg/h	Control automático	3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
I	Caudal	Corriente I	988 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01
L	Presión	Corriente L	2,4 atm		3 Hs		Verificar condiciones operativas del instrumento y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
	Temperatura		127°C		3 Hs		Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
	Caudal		840 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

T-03	Nivel	T-03	6 m máx.		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de nivel.	RG-PRO-01
T-04	Nivel	T-04	15 m máx.		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de nivel.	RG-PRO-01
I'	Composición	Corriente I'	XBuOAc =0,99	MT-LAB-01	2h	Operario de producción y analista de laboratorio	Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
	Densidad		874,797 kg/m <sup>3</sup>	MT-LAB-02	2h		Verificar condiciones operativas del equipo / Repetir toma y análisis de la muestra.	RG-LAB-03
	Temperatura		26°C	Control automático	3 Hs	Panelista y operario de producción	Regulación de caudal de corrientes mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del sensor de temperatura y del equipo involucrado.	RG-PRO-01
	Caudal		988 kg/h		3 Hs		Regulación de nivel mediante válvulas / Verificar condiciones operativas del caudalímetro.	RG-PRO-01

Fuente: Elaboración propia.

10.3.2 Registros de control de proceso

Tabla 10-8: Registro de control de proceso													
Registro control de proceso - producción											Revisión 0	RG-PRO-01	
Equipo/Corriente	T-01	T-02	A	B	C		C'	C''	M			N	
Parámetro	Nivel (m)	Nivel (m)	Caudal (kg/h)	C Caudal (kg/h)	Caudal (kg/h)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)	Presión (atm)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)
Punto de control	T-01	T-02	Corriente A	Corriente B	Corriente C		Corriente C'	Corriente C''	Corriente M			Corriente N	
Valor/Rango	9 máx.	10,5 máx.	510	630	1141	25	97	110	19,46	2	120	25	1181
Fecha													
Fecha													
Fecha													
Fecha													

Fuente: Elaboración propia.

Registro control de proceso - Producción													Revisión 0	RG-PRO-01
Equipo/Corriente	C-01				D		K		D'	E	F		D-01	
Parámetro	Presión (atm)	Temp. (°C)			Temp. (°C)	Caudal (kg/h)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)	Caudal (kg/h)	Temp. (°C)	Nivel de interfaz (m)	
Punto de control	C-01	Plato 2	Plato 5	Plato 13	Corriente D		Corriente K		Corriente D'	Corriente E	Corriente F		D-01	
Valor/Rango	1	109	112	126	107	3427	25	72063	86	3273	153	86	0,352 m	
Fecha														
Fecha														
Fecha														
Fecha														

Fuente: Elaboración propia.

PROYECTO FINAL DE GRADO INGENIERÍA QUÍMICA – PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO

Registro control de proceso - producción											Revisión 0	RG-PRO-01
Equipo/Corriente	F'	T-05	G	H	I	L			T-03	T-04	I'	
Parámetro	Temp. (°C)	Nivel (m)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)	Caudal (kg/h)	Presión (atm)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)	Nivel (m)	Nivel (m)	Temp. (°C)	Caudal (kg/h)
Punto de control	Corriente F'	T-05	Corriente G	Corriente H	Corriente I	Corriente L			T-03	T-04	Corriente I'	
Valor/Rango	32	4 máx.	126	4366	988	2,4	127	840	6	15	26	988
Fecha												
Fecha												
.												
.												
Fecha												

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-9: Registro de control de proceso laboratorio								
REGISTROL CONTROL DE PROCESOS							Revisión 0	RG-LAB-03
Equipo/Corriente	C	C-01	E	F	G	I'		
Parámetro	Composición	Composición	Composición	Composición	Composición	Composición	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	
Punto de control	Corriente C	Plato 8	Corriente E	Corriente F	Corriente G	Corriente I'		
Valor/Rango	XOHAc = 0,5 XBuOH = 0,5	XOHAc =0 XBuOH =0,04 XBuOAc =0,98 XH2O =0,001	XOHAc =0 XBuOH =0,253 XBuOAc =0,516 XH2O =0,229	XOHAc =0 XBuOH =0,004 XBuOAc =0,001 XH2O =0,995	XBuOAc =0,99	XBuOAc =0,99	874,797	
Fecha								
.								
.								
Fecha								

Fuente: Elaboración propia.

#### 10.4 CONTROL PRODUCTO TERMINADO

Conocer las especificaciones y características del producto que se fabrica es indispensable, no solo para la selección del mercado y la exigencia de los clientes, sino que también es de gran importancia para el control periódico del rendimiento del proceso.

Los parámetros analizados para el cumplimiento de los estándares de calidad incluyen apariencia, densidad y composición a fin de determinar la pureza del producto. En la tabla siguiente se exponen estos parámetros y su posterior registro.

Tabla 10-10: Registro de control de producto terminado				
REGISTRO DE CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO			Revisión 0	RG-LAB-04
Fecha				
Lote				
Variable	Referencia	Unidad	Valor	Responsable
Concentración	99,8-99,9	%		
Densidad	874,797	kg/m <sup>3</sup>		
Apariencia	Líquido incoloro - transparente	-		
Cumple con todos los parámetros		Aceptar lote		
No cumple con los parámetros		Rechazar lote y volver a reproceso		
Observaciones				

Fuente: Elaboración propia.

#### 10.5 MÉTODOS ANALÍTICOS

##### 10.5.1 MT-LAB-01 Determinación de pureza y composición

La cromatografía es una técnica para separar sustancias químicas que se basa en las diferencias en el comportamiento de partición entre una fase móvil que fluye y una fase estacionaria para separar los componentes en una mezcla.

La muestra se transporta mediante una corriente de gas en movimiento a través de un tubo lleno de un sólido finamente dividido o se puede recubrir con una película de un líquido. Debido a su simplicidad, sensibilidad y eficacia en la separación de componentes de mezclas, la cromatografía de gases es una de las herramientas más importantes de la química.

El método consiste, en primer lugar, en introducir la mezcla de prueba o muestra en una corriente de un gas inerte, comúnmente helio o argón, que actúa como portador. Las muestras líquidas se vaporizan antes de inyectarlas en la corriente portadora. La corriente de gas pasa a través de la columna empacutada, a través de la cual los componentes de la muestra se mueven a velocidades que están influenciadas por el grado de interacción de cada constituyente con la fase estacionaria no volátil. Las sustancias que tienen una mayor interacción con la fase estacionaria se retardan en mayor medida y, en consecuencia, se separan de las que tienen una menor interacción. A medida que los componentes eluyen de la columna, pueden cuantificarse mediante un detector y / o recogerse para un análisis posterior.

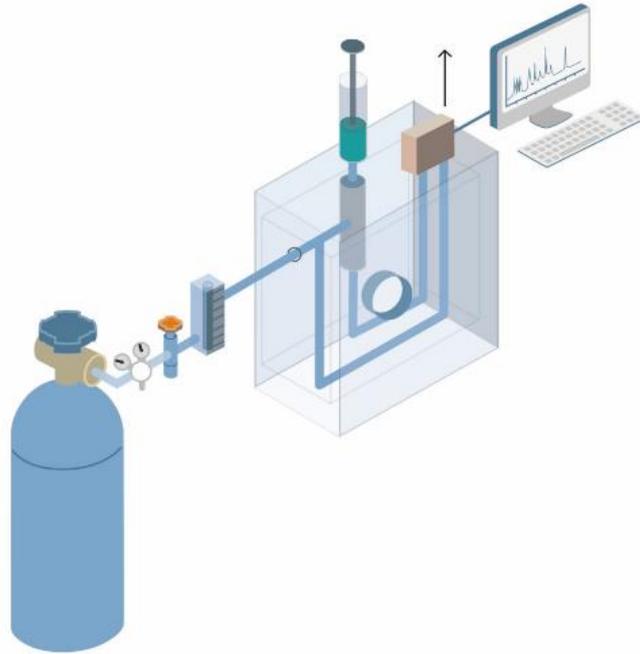


Imagen 10-1: Cromatografía gaseosa. Fuente: [www.hiq.linde-gas.com](http://www.hiq.linde-gas.com).

La cromatografía gas-líquido es útil para separar iones o moléculas que se disuelven en un disolvente. Si la solución de muestra está en contacto con una segunda fase sólida o líquida, los diferentes solutos interactuarán con la otra fase en diferentes grados debido a diferencias en adsorción, intercambio iónico, reparto o tamaño. Estas diferencias permiten que los componentes de la mezcla se separen entre sí utilizando estas diferencias para determinar el tiempo de tránsito de los solutos a través de una columna.

Se escoge para este caso el modelo GC 7000D de la empresa Agilent.



Imagen 10-2: Cromatografía gaseosa modelo GC 7000D de la empresa Agilent. Fuente: [www.agilent.com](http://www.agilent.com).

Tabla 10-11: Técnica analítica MT-LAB-01	
MT-LAB-01	Revisión 0
Análisis de muestra	<p>Verificar que el equipo este prendido y funcionando correctamente.</p> <p>Verificar la presión de los tubos de gases.</p> <p>Ingresar al software</p> <p>Cargar el método</p> <p>Ubicar el vial dentro del equipo.</p> <p>Cargar la secuencia e identificación de la muestra</p> <p>Comenzar la corrida.</p>
Obtención de resultados	<p>Una vez finalizada la corrida el equipo automáticamente emitirá el cromatograma correspondiente. Verificar que los picos estén correctamente identificados e integrados.</p>

*Fuente: Elaboración propia.*

### 10.5.2 MT-LAB-02 Determinación de densidad

La determinación de densidad de todas las muestras durante el proceso productivo se realiza en base a la tecnología de tubo en U con método de excitación pulsada. Se escoge en este caso un densímetro modelo DMA 4501, de la firma Anton Paar.



*Imagen 10-3: Tecnología de tubo en U Anton Paar. Fuente: www.anton-paar.com*



*Imagen 10-4: Densímetro DMA 4501 Anton Paar. Fuente: www.anton-paar.com*

Tabla 10-12: Técnica analítica MT-LAB-02	
MT-LAB-02	Revisión 0
Calibración	Antes de usar el equipo, se debe comprobar que la lectura del densímetro es la correcta, para ello se debe limpiar la celda haciendo pasar solución de limpieza y aire utilizando la bomba. Una vez verificada que la celda está seca se determinan los valores de referencia, y en caso de no obtener los resultados esperados se debe volver a realizar la limpieza y posterior comprobación.
Análisis y obtención de resultados	Cargar en el equipo el método de análisis según corresponda a la muestra a analizar. Cargar la jeringa de con muestra teniendo la precaución de no dejar burbujas en su interior. Ingresar la muestra hasta que toda la celda este completamente llena y sin burbujas. Pulsar en la pantalla OK para iniciar la medición.

*Fuente: Elaboración propia.*

### 10.5.3 MT-LAB-03 Apariencia

Este parámetro se controla en la descarga de materias primas en durante el despacho de producto final. Tomando como referencia:

- Ácido acético: Líquido incoloro, claro.
- N-butanol: Líquido transparente incoloro.
- Acetato d en-butilo: Líquido incoloro.

Tabla 10-13: Técnica analítica MT-LAB-03	
MT-LAB-03	Revisión 0
Muestreo	Utilizar un recipiente de vidrio transparente de 1 litro de capacidad para la toma de muestra. Extraer la muestra directamente en el recipiente contenedor. Asegurar que la válvula de toma de muestra esté limpia, libre de sólidos contaminantes. Si hay herrumbre u otro tipo de incrustación, limpiar con un paño y dejar correr el producto un tiempo considerado antes de tomar la muestra. Enjuagar el recipiente de muestra con el alcohol a analizar, y desechar. Extraer aproximadamente 900 ml en el envase.
Procedimiento	Chequear visualmente si hay evidencia de partículas contaminantes. Sostener la muestra hacia la luz y examinar visualmente si existe turbidez o falta de claridad. Agitar la muestra de forma tal que se produzca un remolino y examinar si en el fondo del vórtice formado hay presencia de partículas.
Resultados	Para análisis realizados en laboratorio, los reportes deben incluir la temperatura a la cual se analizó la muestra. Será considerado como APROBADO si la muestra ha sido encontrada clara y brillante en la observación visual, y si no hubo partículas y/o agua observada en el fondo del vórtice.

*Fuente: Elaboración propia.*

## 10.6 EFLUENTES

Todas las operaciones industriales producen algunas aguas residuales que deben devolverse al entorno. Las fuentes de contaminación provienen de los desagües cloacales, pluviales e industriales. En particular estos últimos se caracterizan por presentar gran variabilidad en cuanto a su calidad, cantidad y complejidad, dependiendo de la actividad industrial que las genera.

En la actualidad, la necesidad de preservar el medio ambiente ha llevado al control más riguroso en la implementación de legislaciones que establecen los límites máximos permisibles para vuelco de los efluentes a cuerpo receptor. El saneamiento de estos efluentes generados es importante y se logra a través de un correcto sistema de tratamiento.

Las exigencias medioambientales generan la búsqueda de métodos de tratamiento cada vez más eficientes, donde el grado de tratamiento requerido va a depender de las características del agua residual a tratar y del cuerpo receptor.

La normativa correspondiente al tratamiento de efluentes se extiende a nivel nacional, provincial y en muchos casos municipal, donde cada una establece los límites máximos según el parámetro controlado, en base a la Ley Nacional 26221.

### 10.6.1 Destino del efluente

El parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas, cuenta como parte de sus instalaciones un sistema de colectoras del desagüe Industrial donde las empresas pueden volcar sus efluentes líquidos convenientemente tratados para luego ser conducidos al sector de tratamientos de efluentes, también perteneciente al parque industrial, hasta su vuelco final.

Durante la producción de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva, el único efluente que se genera es la fase pesada separada en el decantador, denominada como corriente F o fase acuosa. El componente principal de esta corriente es agua, la cual pertenece a un producto de reacción, y en proporciones mucho menores contiene acetato de n-butilo y n-butanol.

En la tabla 10-1 se muestran las propiedades de esta corriente. En la imagen 10-5 se observa el diagrama representativo de la etapa de decantación, siendo D' los condensados del tope de la columna de destilación reactiva, E la fase orgánica que regresa como reflujo y, por último, F que corresponde a la fase acuosa.

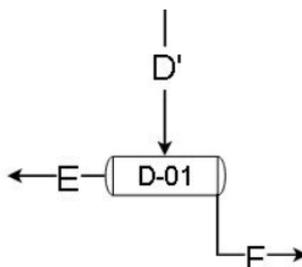


Imagen 8-4: Esquema representativo del decantador o separador de fases. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros	Corriente F
Temperatura (°C)	32
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	990,282
Viscosidad (cP)	0,797
Flujo (m <sup>3</sup> /h)	0,159
Flujo másico (kg/h)	153,157
Presión de trabajo (atm)	1

*Fuente: Elaboración propia.*

En la tabla siguiente, tabla 10-2, se muestra la composición del efluente.

Nomenclatura	Nombre	Total (kg/h)	Componente	Fracción molar	Cantidad (kmol/h)
F	Egreso de fase acuosa	153,157	OHAc	0	0
			BuOH	0,004	0,032
			BuOAc	0,001	0,007
			H <sub>2</sub> O	0,995	8,326

*Fuente: Elaboración propia.*

Se decide por tercerizar el tratamiento de efluentes dada la disponibilidad de la recolección y tratamiento el parque industrial. Además, el bajo caudal generado no justifica los gastos en los que se deben incurrir para la instalación de una planta de tratamiento propia.

# CAPÍTULO XI

OBRAS CIVILES



## **CAPÍTULO XI: OBRAS CIVILES**

### **11.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo tiene como propósito principal describir las obras civiles necesarias para la instalación de una planta productora de acetato de n-butilo. El emplazamiento de la misma será en el Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas. Se detalla también, la distribución física de todas las áreas que la conforman y se presenta el layout de los equipos involucrados en el proceso productivo.

Se pretende proporcionar la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos de la forma más adecuada y eficiente posible.

La distribución en planta persigue optimizar la ordenación de las máquinas, personal, materiales y servicios auxiliares de manera que el valor creado por la función de producción sea máximo. Es decir, pretende alcanzar un volumen determinado de producción manteniendo a un nivel aceptable los costes (Fernández y Vázquez, 1994).

Los sectores con los que cuenta la planta se detallan a continuación:

- Estacionamiento
- Garita de seguridad (baño + oficina)
- Hall de acceso y recepción
- Oficinas administrativas y jefaturas
- Sala de reuniones
- Sanitarios
- Comedor
- Cocina
- Sanitarios
- Cargadero y despacho de producto final
- Laboratorio
- Oficina panel de control
- Área de producción
- Espacio de circulación de camiones

### **11.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO**

Como se menciona en el capítulo 4, la planta se encuentra en el Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas. Este es un emprendimiento de 200ha. Dotado con infraestructura de primer nivel, ubicado en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires. Se encuentra en una zona de cota alta, 22 m sobre el Rio Paraná de las Palmas, a 2.000 m de las Terminales Portuarias y a 5 Km de la Autopista Panamericana, linda con las vías del ferrocarril

Mitre con desvío ferroviario de carga de contenedores (Nuevo Central Argentino). Se encuentra a 2.000 m del centro de la ciudad de Zárate (Centro Cívico y Bancos).

El terreno seleccionado es el número 25 y 26, figura 11-1 y 11-2, se encuentra en la fracción XXI. Esta fracción está delimitada por las calles 25, 4, 24, y 2, siendo esta última la de acceso principal al parque industrial, y luego hacia el terreno seleccionado se toma la calle 24.

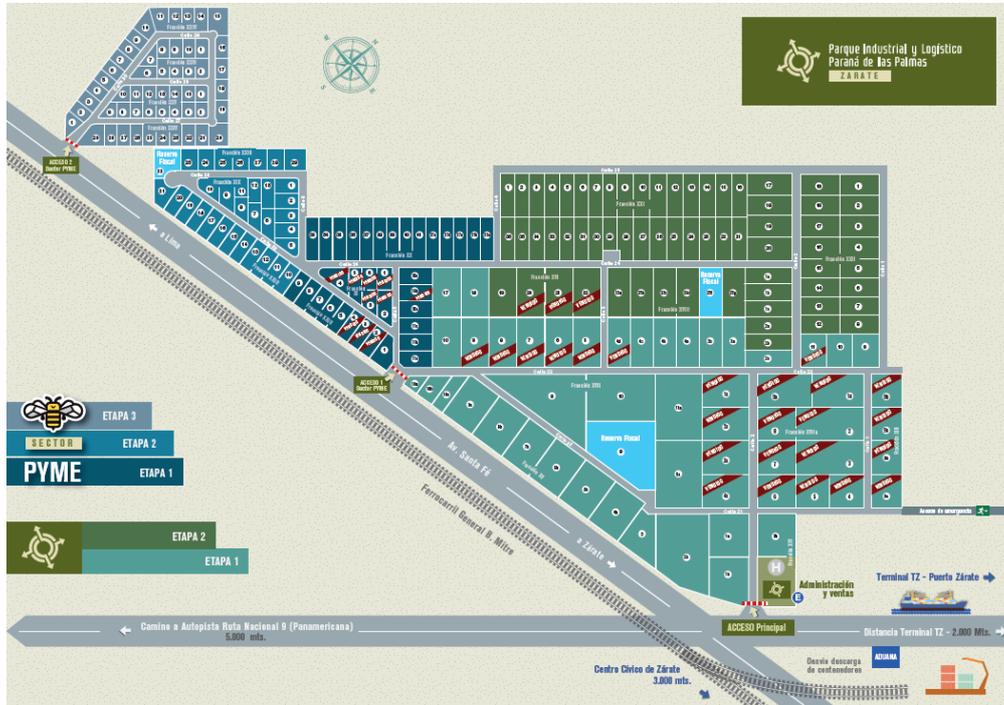


Imagen 10-1: Distribución de lotes en Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate. Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar)

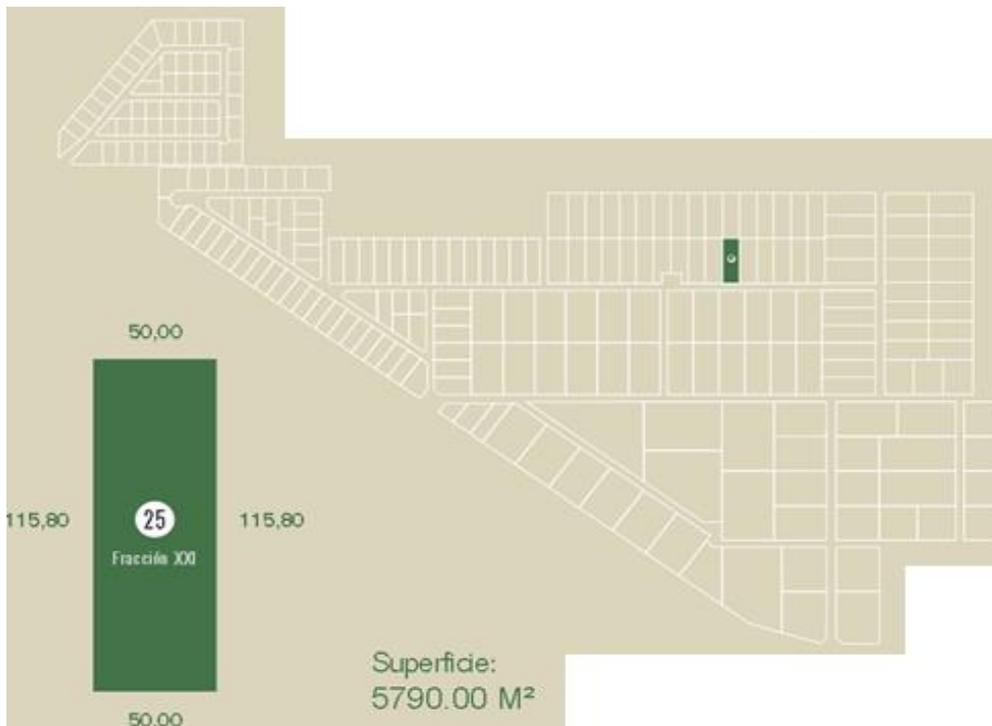


Imagen 10-2: Lote 25 en Parque Industrial y logístico Paraná de las Palmas – Zárate. Fuente: [www.pliz.com.ar](http://www.pliz.com.ar)

Como primera disposición, se alza para el predio un cerco perimetral realizado con tejido romboidal, con postes de hormigón y terminación de tres líneas de alambres de púa. El mismo tiene una altura total de 3,3 m, y una longitud total aproximada de 331m lineales de acuerdo a las dimensiones del terreno mostrada en la imagen 11-2. El cerco está constituido por un porte de refuerzo cada 21 m (imagen 10-3a), postes intermedios cada 3 m (imagen 10-3b), y postes esquineros (imagen 10-3c).

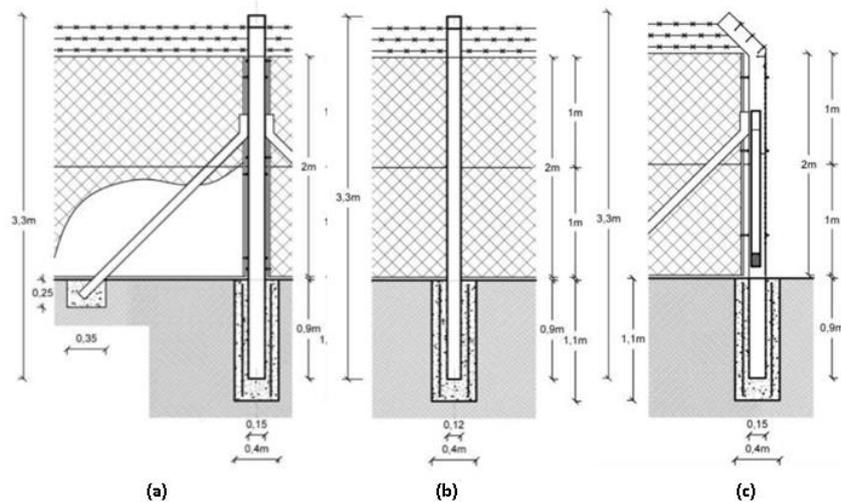


Imagen 10-3: Cerco perimetral. Fuente: Programa Nacional de Parques Industriales Ministerio de Industria.

Además de la luminaria del predio, de las calles internas y de las distintas construcciones, el paisaje del predio se ve afectado por parrales. Estos pertenecen a la estructura que acompaña a un sistema de cañerías elevadas a lo largo de su recorrido dentro de una planta de procesos. El parral es la principal arteria de una unidad de proceso, ya que soporta las líneas de proceso y de servicio, pudiendo incluir bandejas de instrumentos y electricidad, así como también equipos y plataformas montados sobre ellos. Poseen una altura suficiente para permitir la circulación interna de camiones y otros vehículos de tamaño semejante. De acuerdo a esto, y dependiendo también de la entrada y salida de los equipos, se fija en 4,5 m (elevación suficiente para los 4,3 m fijados por el Mercosur).

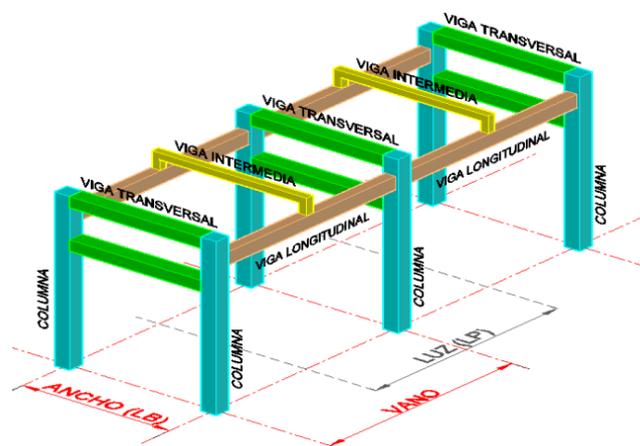


Imagen 10-4: Parral industrial. Fuente: Criterios de diseño para parrales de cañerías Ing. Zaldivar Escola.

En cuanto a las instalaciones edilicias propiamente dichas, se encuentran bajo techo y paredes de hormigón los sectores destinados a oficinas, comedor y cocina, sanitarios, vestuarios, laboratorio, panel de control, portería, sector de mantenimiento y tratamiento de

agua. Por otra parte, el sector productivo, descarga de materias primas y carga de producto final, están compuestas por estructuras metálicas y chapa.

En la tabla 11-1 se muestran las edificaciones a emplazar y la superficie que tiene cada una de estas. Por último, en la figura 10-5 se exhibe la distribución general de la planta.

IDENTIFICACIÓN	SECTOR	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
1	Estacionamiento	589,00
2	Portería	63,00
3	Hall de acceso y recepción	33,34
4	Oficinas administrativas	66,97
5	Sala de reuniones	50,73
6	Sanitarios	29,86
7	Comedor	58,80
8	Cocina	
9	Sanitarios y vestidor hombres	85,60
10	Sanitarios y vestidor mujeres	78,00
11	Descarga de materias primas	12
12	Cargadero de producto terminado	12
13	Espacio de circulación de camiones	2447,50
14	Área de producción	978,90
15	Tratamiento de agua	35
16	Panel de control	40,90
17	Laboratorio	40,90
18	Oficinas	71,50
19	Sanitarios	22,63
20	Taller de mantenimiento	90,72

Fuente: Elaboración propia.

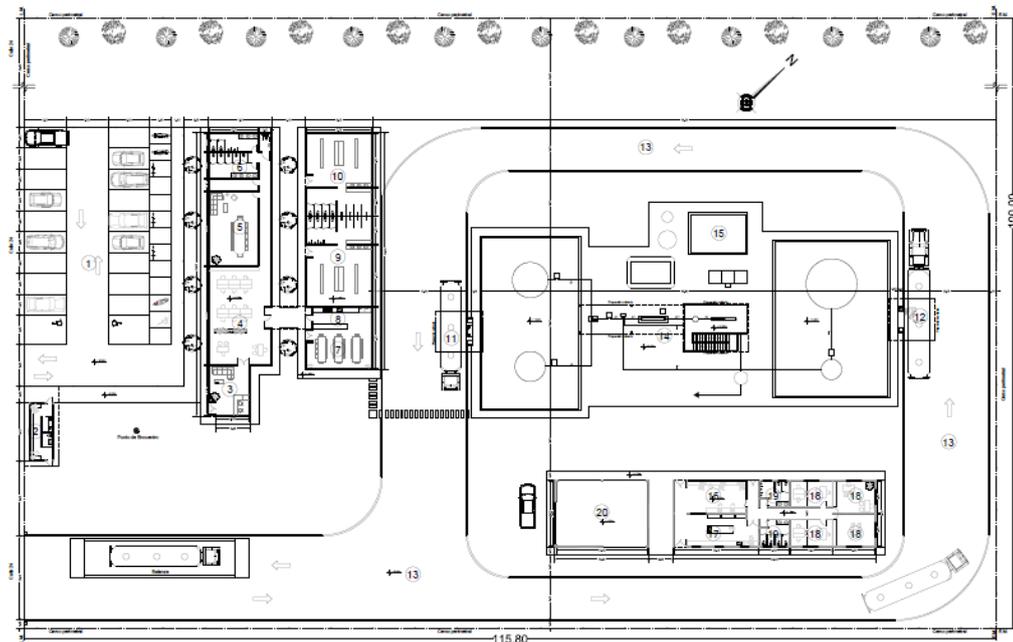


Imagen 10-5: Plano general de la planta. Fuente: Elaboración propia.

### 11.2.1 Estacionamiento: Sector 1

Tal como se observa en el plano general de la planta esta cuenta a la izquierda del ingreso el estacionamiento. Se destina en él un sector para bicicletas y motocicletas y área total ocupada de 589 m<sup>2</sup>.

Para los automóviles se considera un ancho designado para cada auto de 2,5 m y un largo de 5 m. Se opta por una orientación a 90°, reservando el primer lugar de cada lado para personas con discapacidad. En cuanto al sector destinado para bicicletas y motocicletas se asigna un ancho de 2 m y un largo de 3 m. El espacio entre dos filas de cocheras demarcadas, con estacionamiento a 90°, no debe ser inferior a 5 m, mientras que para el acceso de bicicletas y motocicletas se asigna una libre circulación de un 1 m.

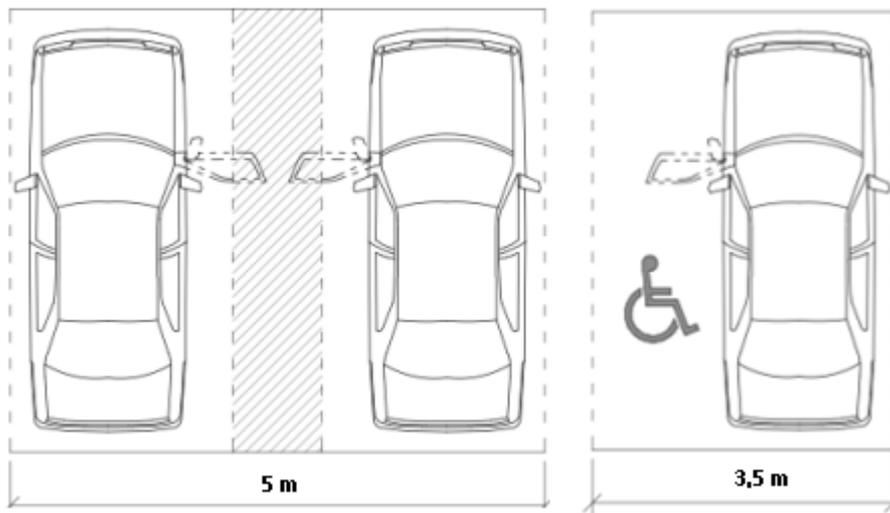


Imagen 10-6: Representación de las dimensiones del espacio destinado a automóviles y personas con discapacidad. Fuente: Elaboración propia.

La superficie total del sector mencionado se encuentra cubierta por piedra partida, debidamente señalizado, presenta luminaria pertinente, y además con el objetivo de proteger los vehículos se colocan estructuras de hierro y toldos impermeables.

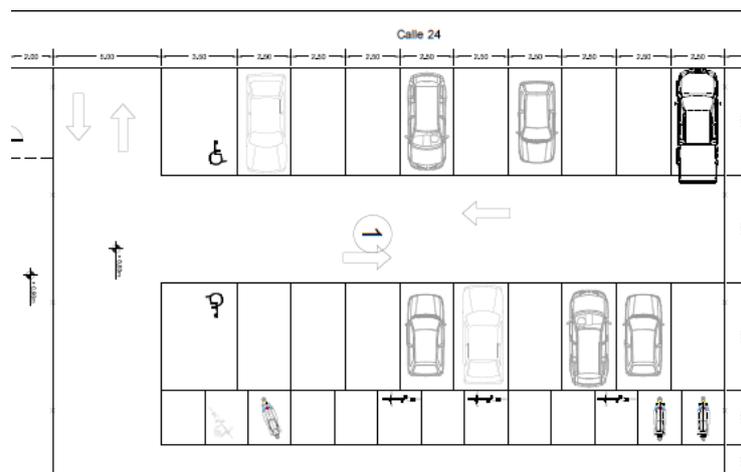


Imagen 10-7: Estacionamiento de la planta. Fuente: Elaboración propia.

### 11.2.2 Portería: Sector 2

El ingreso al predio se realiza por la calle 24. Sobre esta se encuentra el puesto de seguridad. Para el caso del ingreso y egreso de automóviles y motocicletas, se cuenta con una barrera con sensor de reconocimiento. Cada empleado posee un código único con el que accede a la planta.

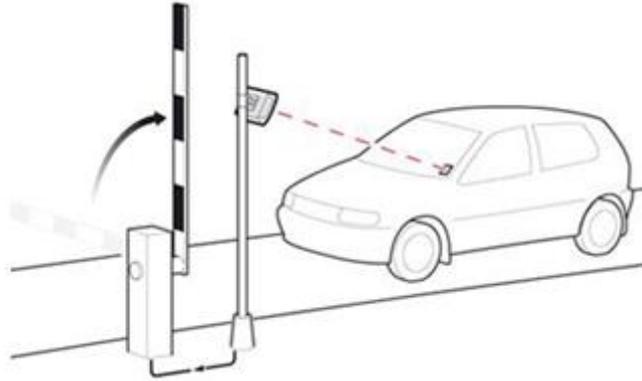


Imagen 10-8: Estacionamiento. Fuente: Elaboración propia

El acceso y egreso de camiones se realiza a la derecha de la portería, este cuenta con barrera automática, la cual se activa por acción del personal de seguridad. Este puesto tiene funciones más bien relacionadas con el control interno de la empresa, dado que el parque industrial posee un puesto de vigilancia en el acceso principal.

Este edificio presenta un área de 63 m<sup>2</sup>, y se encuentra equipado con escritorio, un baño y computadora.

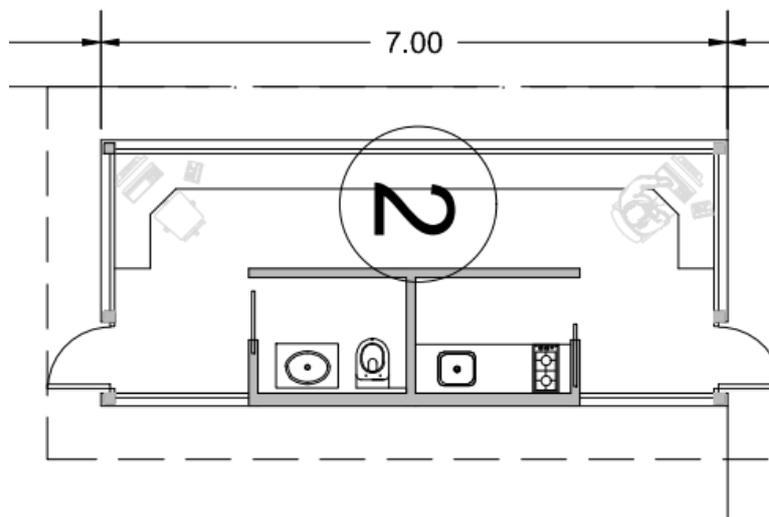


Imagen 10-9: Portería. Fuente: Elaboración propia.

### 11.2.3 Hall de acceso y recepción: Sector 3

El personal luego de pasar por el puesto de seguridad, el ingreso peatonal desemboca el edificio administrativo. Antes del ingreso al hall de recepción se encuentra un reloj biométrico por medio de huella dactilar, este permite el control de asistencia y horario laboral realizado.



Imagen 10-10: Reloj biométrico dactilar. Fuente: [www.ingenieriayeficiencia.com](http://www.ingenieriayeficiencia.com)

Este sector se comunica con las oficinas administrativas, sala de reuniones y sanitarios. Está construido de ladrillo block de hormigón de 15 x 20 x 40 centímetros, con una altura de 3 metros y un techo de hormigón con viguetas. En el interior, la recepción cuenta con un escritorio y dos sillones de espera.

#### 11.2.4 Oficinas administrativas: Sector 4

En este sector se encuentran las oficinas, las cuales comparten el mismo ambiente y se encuentran separadas por box realizadas con placas de Durlock. La edificación posee una altura de 3 metros, construida de ladrillos block de hormigón de 15 x 20 x 40 cm y techo de loza con pintura impermeabilizante. Aquí se disponen las oficinas del personal de recurso humanos, jefe de logística y gerente. Las oficinas presentan un área total de 66,97 m<sup>2</sup>.

#### 11.2.5 Sala de reuniones: Sector 5

La sala de reuniones posee las mismas características constructivas que las oficinas administrativas, mencionadas anteriormente. Esta sala es utilizada para debates, lluvia de ideas, presentaciones sencillas o Juntas Generales, y se opta por un montaje imperial para la distribución de la mesa y sillas. Esta posición transmite la sensación de que ambos grupos se sientan enfrentados, mientras que el director u organizador la preside.

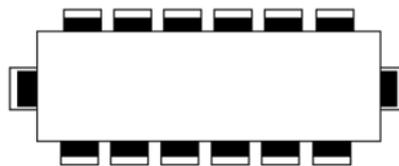


Imagen 10-11: Montaje imperial de mesa y sillas. Fuente: *Elaboración propia.*

El sector cuenta además con los equipos audiovisuales adecuados (televisión, proyector, equipo de sonido, conexión de alta velocidad, apuntador, así como conectores y adaptadores de las diversas tecnologías.

La sala posee una superficie total de 50,73 m<sup>2</sup>.

#### 11.2.6 Sanitarios: Sector 6

Se localizan al final del edificio administrativo. Posee paredes hechas con ladrillos bloques de hormigón de 40 x 20 x 15 cm de 3 metros de altura, pisos con mosaicos graníticos,

instalación de electricidad, agua y gas natural. El techo es de loza de hormigón con viguetas y pintura impermeabilizante para el techo, terminaciones con revoque grueso, fino y pintura látex en todo el espacio, aberturas de aluminio y recubrimiento con azulejos hasta los 1,6 m de altura.

Los sanitarios están sectorizados por hombres y mujeres, y se destina además un sanitario para personas con discapacidad. Este espacio abarca una superficie total de 29,86 m<sup>2</sup>.

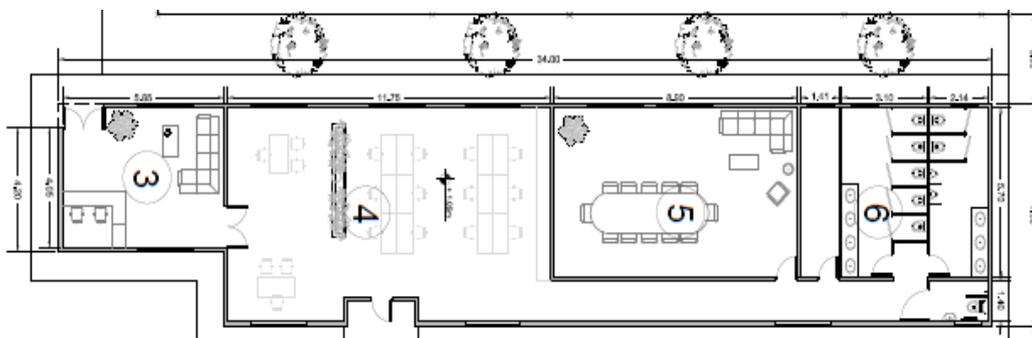


Imagen 10-12: Distribución de los sectores 3, 4, 5 y 6. Fuente: Elaboración propia.

### 11.2.7 Comedor y cocina: Sector 7 y 8

Costeando el hall de recepción se tiene acceso al segundo edificio. El primer sector corresponde al comedor y el segundo a la cocina. Poseen una superficie de 7,35 m<sup>2</sup> y 8 m<sup>2</sup>, respectivamente. Estos sectores están contruidos de ladrillo block de hormigón de 15 x 20 x 40 centímetros, con una altura de 3 metros y un techo de hormigón con viguetas.

El comedor está equipado con mesas y sillas para una totalidad de 15 personas. En este el personal puede desayunar, almorzar, cenar y consumir sus colaciones durante los tiempos de receso asignados.

Contiguo al comedor se encuentra la cocina, la cual posee heladera, microondas, cocina dispenser de agua fría y caliente y aire acondicionado. Además, el mobiliario incluye bajo mesada, espacio de guardado para químicos destinados a la limpieza y desinfección, y la totalidad de los utensilios necesarios.

### 11.2.8 Sanitarios y vestidores: Sector 9 y 10

Contiguo a la cocina, en el mismo edificio, se encuentran los baños y vestidores, uno para mujeres y otro para hombres, de 8 m de ancho por 9,75 m de largo y de 8 m de ancho por 10,7 m de largo, respectivamente. Además, los mismos cuentan con duchas y lockers para poder guardar las pertenencias personales.

El vestidor está equipado con un casillero metálico por empleado, con dos compartimentos donde los operarios puedan dejar sus pertenencias o ropa de calle en uno y en el otro que puedan guardar su uniforme de trabajo. Además, en la zona de vestuarios hay percheros y bancos.

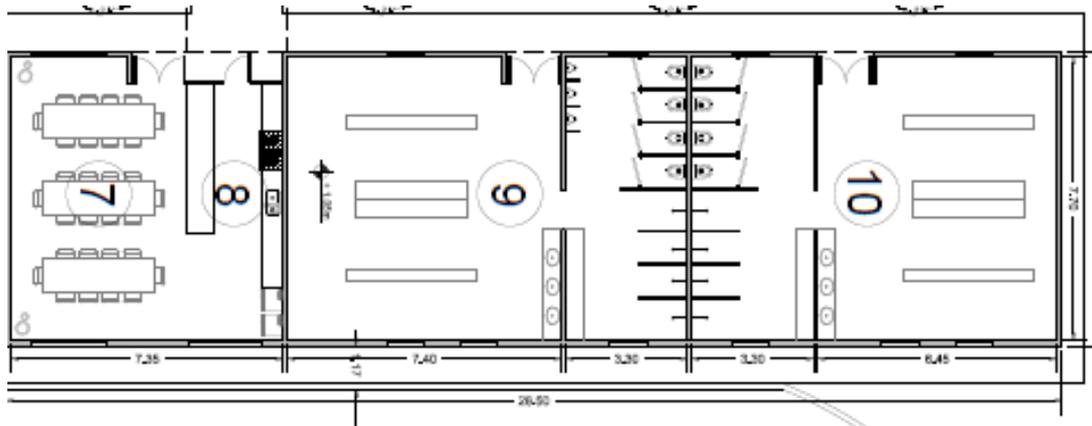


Imagen 10-13: Distribución de los sectores 7, 8, 9 y 10. Fuente: Elaboración propia.

### 11.2.9 Descarga de materias primas y carga de producto terminado: Sector 11 y 12

Se dispone la circulación de los camiones en sentido antihorario. Para la descarga de materias primas debe rodearse la planta y mediante un desvío se ingresa al sector de descarga 11, mientras que para la carga de producto terminado el desvío hacia el cargadero se encuentra al fondo del terreno. Ambos sectores están recubiertos mediante estructuras metálicas y chapa, y equipados con todos los elementos de seguridad necesarios.

Se destina un área de 12m<sup>2</sup> para la carga y descarga.



Imagen 10-14: carga y descarga de camiones cisterna Fuente: [www.saferack.com](http://www.saferack.com).

La carga y descarga de camión cisterna es una operación crítica para la seguridad de las personas, instalaciones y ambiente, por lo tanto, exige la máxima atención y responsabilidad del operador. Una vez posicionado el camión, se coloca enfrente de unidad, visible para habitáculo de chofer, cono de seguridad, a posterior se conecta la pinza de puesta a tierra con monitoreo y se ubican las calzas de seguridad antichispas en forma correcta y firme.

### 11.2.10 Espacio de circulación de camiones: Sector 13

En este sector se describe el camino realizado por los camiones que entran y salen de la planta. Cuenta con un amplio espacio para la correcta circulación de los mismos, cada carril de circulación posee un ancho de 5 m y una superficie total de 2447,5 m<sup>2</sup>.

### 11.2.11 Área de producción: Sector 14

Es el área más importante y representativa de la planta. La misma cuenta con un techo que se cubre desde los tanques de almacenamiento de materia prima, T-01 y T-02, hasta el

despacho de materia prima. Cabe aclarar que el sector no cuenta con paredes, y el techo es de chapa de zinc a dos aguas y con desagües pluviales de PVC. La superficie total de esta sección es de 978,9 m<sup>2</sup>.

#### 11.2.12 Tratamiento de agua: Sector 15

Este sector posee 5 m de largo x 7 m de largo, lo que arroja un área total de 35 m<sup>2</sup>. Se escoge para el sector un galpón de pórticos con perfiles estructurales La tipología estructural adoptada para los pórticos típicos, corresponde a pórticos empotrados en sus fundaciones.

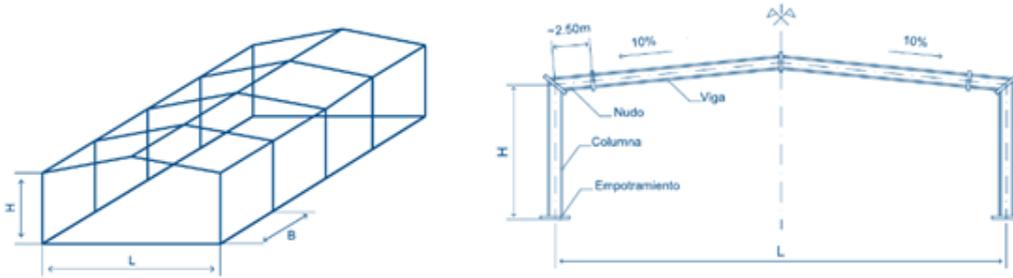


Imagen 10-15: Estructura de galpones. Fuente: Elaboración propia.

Acá se ubican los equipos destinados al acondicionamiento del agua a fin de obtener calidad de agua filtrada y agua para caldera.

#### 11.2.13 Panel de control: Sector 16

En esta sala, se lleva a cabo el control de la producción, donde mediante un sistema SCADA se regulan los equipos y parámetros del proceso.

Las dimensiones del área son 4 m de ancho por 10 m de largo, constituyendo una superficie de 40 m<sup>2</sup>. Las paredes están hechas con ladrillos bloques de hormigón de 40 x 20 x 15 cm de 3 metros de altura. Este sector cuenta con escritorios, computadoras, sillas, espacio de guardado de documentos y demás elementos necesarios para llevar a cabo dichos controles.

#### 11.12.14 Laboratorio: Sector 17

La planta cuenta con un laboratorio destinado a la realización de pruebas estándares de calidad; tanto de materias primas como de producto terminado.

El diseño del laboratorio responde a las necesidades de este, predominando la seguridad, la funcionalidad y la eficacia, sobre los criterios puramente estéticos, si bien se intenta conjugar todos ellos.

Posee paredes de 3 metros de altura con ladrillo block de hormigón y un techo flotante de Durlock. El techo, donde están situados los sistemas de iluminación general, está construido con materiales de elevada resistencia mecánica y recubierto por superficies fácilmente lavables, evitándose la acumulación de polvo y materiales tóxicos. El material del techo es del tipo incombustible, estos se utilizan dada su impenetrabilidad a gases y vapores a fin de evitar que tanto estos contaminantes como el humo, en caso de incendio, puedan transmitirse a las dependencias adyacentes.

En su interior dispone de pisos de cerámico, y paredes con pintura látex de color blanco. Los ángulos de uniones deben ser redondeados para facilitar la limpieza y evitar la

acumulación de suciedad. Otra característica es que las puertas deben abrirse hacia el exterior, y su altura debe ser desde el suelo al techo. En el lugar pueden hacerse ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.

Las dimensiones del área son 4 m de ancho por 10 m de largo, representando una superficie de 40 m<sup>2</sup>.

#### 11.12.15 Oficinas: Sector 18

En este sector se encuentran las oficinas destinadas al jefe de producción, control de calidad, higiene y seguridad y mantenimiento. Se encuentran separadas por box realizadas con placas de Durlock. La edificación posee una altura de 3 metros, construida de ladrillos block de hormigón de 40 x 20 x 15 cm y techo de loza con pintura impermeabilizante. Las oficinas presentan un área total de 71,50 m<sup>2</sup>.

#### 11.12.16 Taller de mantenimiento: Sector 20

Para el taller de mantenimiento se provee un espacio que abarca una superficie total de 90,72 m<sup>2</sup>, el cual se considera suficiente para ubicar las distintas herramientas y equipos.

Posee las mismas características constructivas que el sector 15, tratamiento de agua, galpón con número de tramos simples y techo a dos aguas.

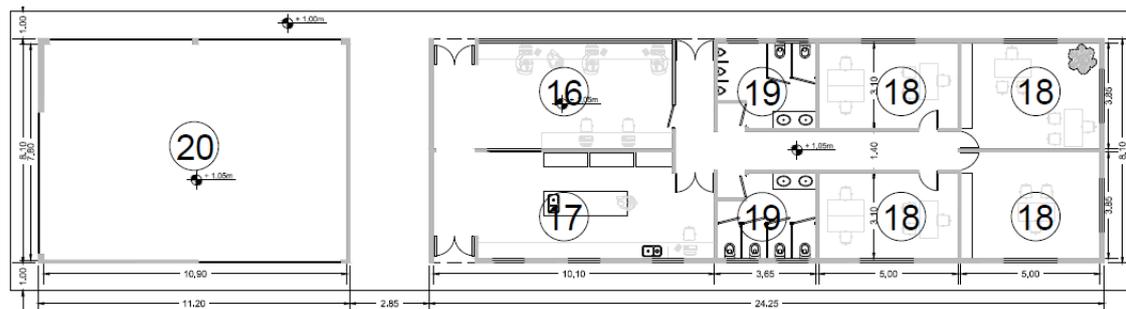


Imagen 10-16: Distribución de los sectores 16, 17, 18, 19 y 20. Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO XII

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS



## CAPÍTULO XII: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

### 12.1 INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas son aquellos conjuntos de circuitos eléctricos cerrados que se emplean para trasladar la energía eléctrica, de tal forma que eso permita la realización de distintos procesos, funciones y actividades. Aunque hay diferentes tipos de instalaciones eléctricas de acuerdo con su tensión o con su uso, todas coinciden en que su principal cometido es el traslado de la energía eléctrica hasta los elementos consumidores partiendo de los elementos productores.

Las instalaciones eléctricas de alta tensión son utilizadas, en su mayoría, por la industria. Entran dentro de esta clasificación aquellas instalaciones que son capaces de generar, distribuir, transportar y transformar energía eléctrica con tensiones superiores a los 1000 o 1500 voltios. En este tipo de instalación eléctrica, la energía se transforma en baja tensión para que el usuario final pueda consumirla. Los sectores que utilizan la alta tensión suelen ser los industriales y el terciario. Las líneas de distribución en el caso de la alta tensión pueden ser aéreas o subterráneas. Estas líneas trasladan cargas con intensidades que no suelen ser superiores a 400 amperios (A). Las líneas eléctricas pueden alimentar directamente al cliente o bien a los centros de transformación de la compañía eléctrica que tenga adjudicada su distribución. (Turelectric, 2021)

Este capítulo tiene como objetivo mostrar de manera general, el consumo eléctrico de cada equipo y todo el sistema de iluminación, para el cuál se realizará la adopción del sistema de iluminación interna y externa atendiendo la necesidad de este proyecto.

### 12.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El parque industrial y logístico Paraná de las Palmas, en la ciudad de Zárate, provee un tendido de media tensión en 13,2 kV suministrado por la cooperativa eléctrica de Zárate. Se conoce que en los circuitos de alumbrado se emplee una corriente alterna monofásica de 220 V y a diferencia de esta, los motores de los equipos que intervienen de forma directa en el proceso estarán conectados a una red de corriente alterna trifásica, de 380 V.

Para el cálculo de la potencia necesaria, se estiman sobre cada uno de los equipos existentes dentro de la línea de producción y todos los artefactos que consumen como las luminarias que se adopten.

### 12.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Como se hizo mención anteriormente, se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones y soportes.

#### 12.3.1 Acometida

Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición. En las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarrayos para proteger la

instalación y el equipo contra ondas de alto voltaje, ya sea de origen atmosférico o por maniobras de conexión o desconexión en la red de suministro.

### **12.3.2 Equipo de medición**

Por equipo de medición se entiende aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compraventa. Este equipo está sellado y debe estar protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

### **12.3.3 Interruptores**

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como medio de desconexión o conexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos.

### **12.3.4 Arrancadores**

Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético o de navajas (cuchillas) con fusibles, un contactor electromagnético y un relevador bimetalico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o desenergizar la bobina.

### **12.3.5 Transformador**

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). Por otra parte, pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.

### **12.3.6 Tableros**

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorio) para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

#### **12.3.6.1 Tablero general**

El tablero general es aquél que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de éste se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

#### **12.3.6.2 Centro de control de motores**

En instalaciones industriales, y en general en aquéllas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores. Dependiendo del número de arrancadores o circuitos derivados y de la distancia entre ellos y el tablero general, puede ser necesario incluir un interruptor general. Los arrancadores normalmente se conectan al interruptor utilizando barras de cobre, lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del tablero.

### **12.3.6.3 Tablero de distribución o derivados**

Cada área de una instalación está normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados. Estos tableros pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimente. Contienen una barra de cobre para el neutro y 1, 2 o 3 barras conectadas a las fases respectivas (directamente o a través del interruptor general). Normalmente, a las barras de las fases se conectan interruptores termomagnéticos de 1, 2 o 3 polos, dependiendo del número de fases que se requieran para alimentar los circuitos derivados. Estos últimos a su vez alimentan: unidades de alumbrado, salidas para contactos o equipos especiales (que a su vez pueden estar provistos con dispositivos de arranque y protección).

### **12.3.7 Motores y equipos accionados por motores**

Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Cada motor debe tener su arrancador propio. Los motores tipo jaula de ardilla o de inducción (que son los que se encuentran más comúnmente en las instalaciones) son motores eléctricos asíncronos, es decir, su velocidad varía con la aplicación de carga y es siempre menor a la de sincronismo. La característica que les da este nombre es el tipo de devanado del rotor formado por barras conductoras interconectadas con anillos (en cortocircuito) cuyo diseño es muy parecido a una jaula de ardilla. Estos motores son económicos, pero tienen la desventaja de requerir una corriente muy alta en el momento del arranque (6 a 7 veces la de plena carga o nominal).

### **12.3.8 Salida para alumbrado y contactos**

Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de la instalación y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente también en calor. Los contactos sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación fija. En ambos casos el proyectista debe asegurarse que la instalación eléctrica tenga la especificación necesaria para que la caída de voltaje esté por abajo de la permitida, que el alimentador quede protegido contra fallas y sobrecargas y que el usuario esté protegido contra electrocución.

El propósito de la iluminación en la industria es proporcionar una visibilidad eficiente y cómoda en el trabajo, así como ayudar a mantener un ambiente seguro. Para seleccionar la iluminación adecuada es necesario determinar: La tarea visual o tipo de trabajo que se va a desarrollar, la cantidad, la calidad y el tipo de iluminación de acuerdo con la tarea visual y los requerimientos de seguridad y comodidad, el equipo de alumbrado o luminarias que proporcionen la luz requerida.

Una buena iluminación presenta ventajas tanto para el trabajador como para la empresa. En el caso del trabajador, conserva su capacidad visual, evita la fatiga ocular y disminuye los accidentes. A la empresa le proporciona un aumento en la producción, disminuye el número de errores, facilita la limpieza y el mantenimiento, mejora la utilización del espacio, etc.

### **12.3.9 Tierra o neutro**

Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. Este electrodo puede ser una barra o tubo de cobre, una varilla o tubo de fierro y en general cualquier estructura que esté en contacto con la tierra y que tenga una resistencia a tierra dentro de ciertos límites

### 12.3.10 Interconexión

Para la interconexión de una instalación pueden utilizarse alambres (conductor de varios hilos) o cables (de un solo hilo) de cobre o aluminio. Estos pueden estar colocados a la vista, en ductos, tubos o bandejas. Excepto en el caso de líneas aéreas, los conductores siempre deberán estar cubiertos con una capa de material aislante, el cual determina la temperatura máxima de operación. El empalme de conductores o la conexión de éstos a las terminales de los equipos debe hacerse de manera que se garantice un contacto uniforme y no existan defectos que representen una disminución de la sección. Lo más recomendable es que todas las conexiones queden accesibles. En caso que estén dentro de tuberías o ductos deben proveerse las cajas o registros necesarios, sobre todo en las conexiones de salida hacia los equipos de la instalación. (Campero & Bratu, 1995)

### 12.4 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

Haciendo un relevamiento de los equipos que consumen energía eléctrica dentro de toda la línea de producción se determina que todas las bombas involucradas, accionadas por sus motores, son los centros de consumo dentro del proceso. En menor proporción, los ventiladores que evaporan el agua de enfriamiento dentro de las torres también generan consumo eléctrico. Para la base de cálculos se toma, dentro de las especificaciones técnicas las potencias de cada una, descritas en los capítulos 8 y 9 de este trabajo que es un dato que ofrece el proveedor y 344 días de funcionamiento correspondiente a los días pactados de producción. Sin contar los 21 días de parada por mantenimiento. Los consumos diarios y anuales se especifican en la tabla 12-1.

Tabla 12-1: Detalle de consumo eléctrico por equipos				
Equipos		Potencia (kW)	Consumo eléctrico (kW)	
			Consumo diario	Consumo anual
Bombas	P-01	0,45	10,80	3715,20
	P-02	0,45	10,80	3715,20
	P-03	1,10	26,40	9081,60
	P-04	0,74	17,76	6109,44
	P-05	0,30	7,20	2476,80
	P-06	0,60	14,40	4953,60
	P-07	0,89	21,36	7347,84
	P-08	0,50	12,00	4128,00
	P-10	7,49	179,76	61837,44
	P-11	0,25	6,00	2064,00
	P-12	0,25	6,00	2064,00
	Torres de enfriamiento	CT-01	4,50	108,00
TOTAL			420,48	144645,12

Fuente: Elaboración propia

### 12.5 REQUERIMIENTO DE ILUMINACIÓN

Un sistema de alumbrado requiere de un equipo que proporcione la comodidad visual y rendimiento máximos compatibles con las limitaciones impuestas al proyecto, que pueden ser económicas o de otro tipo (por ejemplo, la atmósfera del local). Los factores de conservación o pérdida de luminosidad se consideran detalladamente en el proceso de cálculo, ya que tienen una influencia importante al elegir el equipo.

Se pueden definir dos niveles en la iluminación de interiores: local y general. El primero se refiere a las necesidades de luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar. El nivel general corresponde a la iluminación en todas las demás áreas. También puede llamarse alumbrado general por zonas, cuando se deciden niveles de iluminación diferentes para cada zona, lo cual resulta más económico.

Además de definir el nivel de iluminación general se requiere cuidar la colocación de las luminarias de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, o las sombras indeseables. También es necesario un completo análisis de los objetos implicados en la tarea visual relativas a: tamaño, reflectancia, velocidad de exposición y contraste con el fondo.

El método empleado se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado en interiores y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado. Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes como lo describe la ecuación 12-1. (Campero & Bratu, 1995)

$$E = \frac{\Phi_e}{S} = \text{Luxes} \quad \text{Ec}(12 - 1)$$

Dónde

E = Nivel de iluminación (lux)

$\Phi_e$  = Lúmenes emitidos

S = Superficie (m<sup>2</sup>)

En la República Argentina, el requerimiento de iluminación para diversos sectores como la industria, los domicilios, etc. Está reglamentado según la norma IRAM, específicamente la norma IRAM-AADL J 20-06 que establece los valores de intensidad mínima de iluminación, medida sobre el plano de trabajo, ya sea este horizontal, vertical u oblicuo, de acuerdo con la dificultad de la tarea visual y de acuerdo con el destino del local con el objeto de evitar diferencias de iluminancias causantes de incomodidad visual o deslumbramiento. Para este proyecto puntual, se sigue las recomendaciones de la norma según lo establecido en la tabla 12-2.

Tabla 12-2: Valores mínimos de iluminación de acuerdo a los diferentes sectores	
Clase de actividad visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)
Visión ocasional solamente	100
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	100 a 300
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10000
Tipo de edificio, local y tarea visual	
Circulación general	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre equipos	400
Laboratorio de ensayo y control	600
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Panel de control	600
Sala de calderas	600
Baños	150
Comedor	200
Oficinas	600

Fuente: Norma IRAM-AADL J 20-06.

### 12.5.1 Adopción de tipos de iluminaria

Una vez escogidas las luminarias que se van a utilizar y determinado el nivel de iluminación requerido, podría calcularse el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación.

Sector	Incluye	Lámpara adoptada		Luminosidad (lm)	Potencia (w)
Portería	Únicamente	Proveedor	Lucciola	3800	24
		Serie	Split Line		
		Modelo	SPL 125		
Oficinas	Hall de acceso y recepción			5000	32
	Jefatura H y S				
	Jefatura de producción	Proveedor	Lucciola		
	Jefatura de mantenimiento	Serie	Split Line		
	Jefatura de calidad	Modelo	SPL 160		
	Administración				
Laboratorio	Únicamente	Proveedor	Lucciola	5000	32
		Serie	Split Line		
		Modelo	SPL 160		
Panel de control	Únicamente	Proveedor	Lucciola	5000	32
		Serie	Split Line		
		Modelo	SPL 160		
Sector de producción	Planta de proceso	Proveedor	Lucciola	7600	50
	Zona de servicios auxiliares	Serie	Mare Led		
	Equipos en general	Modelo	X.3040P		
Exteriores	Estacionamiento	Proveedor	Lucciola	26000	200
	Circulación peatonal	Serie	Dooku		
	Escaleras y pasarelas	Modelo	DKU200		
	Accesos y circulación	Serie	Mare Led		
	Balanza	Modelo	X.3020P		
Taller de mantenimiento	Únicamente	Proveedor	Lucciola	7600	50
		Serie	Mare Led		
		Modelo	X.3040P		
Cocina y comedor	Únicamente	Proveedor	Lucciola	2800	18
		Serie	Mare Led		
		Modelo	X.3000P		
Baños y vestuarios	Personal de administración	Proveedor	Lucciola	2800	18
	Personal de producción	Serie	Mare Led		
	Vestuarios hombres y mujeres	Modelo	X.3000P		
Carga y descarga de camiones	Únicamente	Proveedor	Lucciola	7600	50
		Serie	Mare Led		
		Modelo	X.3040P		

Fuente: Elaboración propia



*Imagen 12-1: Tipo de luminaria adoptada. Modelo: Mare led. Fuente: Lucciola Iluminación*



*Imagen 12-2: Tipo de luminaria adoptada. Modelo: Split line. Fuente: Lucciola Iluminación*



*Imagen 12-3: Tipo de iluminaria adoptada. Modelo: Dooku. Fuente: Lucciola Iluminación*

### **12.5.1.1 Cálculo del número de luminarias interiores**

#### **12.5.1.1.1 Determinación del coeficiente o factor de utilización (CU)**

El coeficiente de utilización es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de

la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo. A causa de las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de un local, una parte de luz pasa hacia abajo a través del plano imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización puede sobrepasar la unidad. En general cuanto más alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización. Este efecto se considera mediante la relación de la cavidad del local (RCL) que se define como describe la ecuación 12-2. (Campero & Bratu, 1995)

$$RCL = \frac{(largo * ancho)}{H * (largo + ancho)} \quad Ec(12 - 2)$$

Dónde H corresponde a la altura de la lámpara.

#### **12.5.1.1.2 Determinación del coeficiente o factor de mantenimiento o de pérdidas totales (FPT)**

El factor de pérdidas totales es el resultado final por la presencia de todos los factores parciales. Se define como el cociente de la iluminación cuando alcanza su nivel más bajo en el plano de trabajo (antes de efectuar alguna acción correctora) entre el nivel nominal de iluminación de las lámparas (sin considerar factores parciales de pérdidas). El factor de pérdidas totales debe incluir las pérdidas atribuibles a todo tipo de causas, algunas de las cuales se van acumulando hasta que se efectúe una acción correctora. Por esta razón el programa de mantenimiento debe incluir una evaluación de los factores de pérdida de luz y las acciones periódicas que deben llevarse a cabo para corregir su efecto. La precisión del proceso de cálculo puede perderse si no se pone cuidado en la estimación de los factores de pérdida y se ignora el programa de mantenimiento. (Campero & Bratu, 1995)

En los alumbrados interiores que presentan una polución del ambiente reducida se recomienda utilizar un factor de mantenimiento de 90% para luminaria cerrada y 80% para abierta. En los alumbrados exteriores se utiliza un factor de 60% cuando la polución es importante, 70% cuando es moderada y 80% si es reducida.

Definidos los factores de mantenimiento y utilización, el número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse según la ecuación 12-3

$$N = \frac{E.S}{\Phi.CU.FPT} \quad Ec(12 - 3)$$

Dónde:

N = Numero de lámparas

S = Superficie del sector a iluminar (m<sup>2</sup>) – Determinado en el decimoprimer capítulo de este trabajo.

E = Nivel de iluminación (lux) – Requerido por normas IRAM. Detallados en tabla 12-2

Φ = Flujo luminoso de la lámpara (lm) – Especificación técnica del producto. Detallado en tabla 12-3

CU = Coeficiente o factor de utilización – Determinado según ecuación 12-2

FPT = Coeficiente o factor de mantenimiento – Adoptado según convención de alumbrado con cierto grado de polución en ambientes cerrados o abiertos.

Haciendo uso de la ecuación 12-3, en conjunto con las ecuaciones 12-2 para la determinación de la relación de cavidad local y tabulaciones del libro “Instalaciones eléctricas – Conceptos básicos y diseño” se obtienen los resultados de interés expresados en la tabla 12-4.

Tabla 12-4: Cálculo de la cantidad de lámparas que intervienen en cada sector

Sector	E (lux)	S (m <sup>2</sup> )	RCL	CU	FPT	Φ (lm)	Número de lámparas calculado	Número de lámparas adoptado
Portería	400	21	1,05	0,67	0,9	3800	3,67	4
Oficinas y hall de acceso	600	209,33	2,96	0,55	0,9	5000	50,75	50
Laboratorio	600	38,89	1,39	0,67	0,9	5000	7,74	8
Panel de control	600	38,89	1,39	0,67	0,9	5000	7,74	8
Taller de mantenimiento	600	85,02	2,27	0,67	0,8	7600	12,52	13
Cocina y comedor	200	56,6	1,88	0,67	0,9	2800	6,70	7
Baños y vestuarios	150	157,47	2,8	0,55	0,8	2800	19,17	20
Planta de agua	600	35	1,46	0,76	0,7	7600	5,19	6

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que en el apartado de oficinas y hall de acceso se considera la superficie total que abarcan las oficinas de administración en el edificio principal, las oficinas de jefaturas involucradas en el edificio dentro de la plata, el hall de entrada y la sala de reuniones. Además, las 20 luces en concepto de Baños y vestuarios contemplan el área total de los baños y vestuarios del edificio del secundario para empleados, tanto para hombres como para mujeres, los existentes en el edificio en planta con la misma distinción y el de oficinas de administración.

#### 12.5.1.2 Cálculo del número de luminarias exteriores

Según los criterios de los cuales se hablan en el apartado de iluminación de interiores se establece la base de cálculos para los exteriores. El número total de reflectores viene dado por la ecuación 12-4 que expresa:

$$\text{Número de reflectores} = \frac{\Phi}{\Phi_l} \quad \text{Ec}(12 - 4)$$

Dónde:

Φ = Flujo luminoso requerido

$\Phi_i$  = Flujo luminoso de cada lámpara

El flujo luminoso requerido, continúa siendo una función directa de la superficie (S) y del nivel de iluminación deseado ( $N_i$ ), mientras que es inversamente proporcional al coeficiente de utilización, para este caso (K) dónde  $0.2 \leq k \leq 0.35$ . Las tres variables se relacionan mediante la ecuación 12-5.

$$\Phi = \frac{N_i \cdot S}{K} \quad Ec(12 - 5)$$

La totalidad de lámparas necesarias para iluminación exterior quedan demostradas en la tabla 12-5.

Tabla 12-5: Cálculo de la cantidad de lámparas que intervienen en cada sector externo						
Sector	Nivel de iluminación	S (m <sup>2</sup> )	$\Phi_i$ (lm)	$\Phi$ (lm)	Número de lámparas calculado	Número de lámparas adoptadas
Estacionamiento	100	728,00	26000	264727,27	10,18	10
Escaleras y pasarelas	200	25,50	5500	18545,45	3,37	4
Sector de producción	600	978,90	26000	2135781,82	82,15	82
Accesos y circulación	200	2447,50	26000	1780000,00	68,46	68
Parte superior de tanques	200	60,10	5500	43709,09	7,95	8
Cargaderos	600	12,00	7600	26181,82	3,44	4

Fuente: Elaboración propia.

## 12.6 CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para la estimación del cálculo de energía consumida sólo por el sistema de iluminación se plantea un tiempo diario definido de funcionamiento para los diferentes sectores. Se requieren de luces prendidas las 24 horas del día en sectores internos dónde se llevan a cabo labores importantes, tales como taller de mantenimiento, panel de control y laboratorio, portería y además baños y vestuarios. Se plantea, además, medio día de funcionamiento para el tendido de luces exteriores. Los espacios que se disponen con determinados horarios de trabajo y concurrencia se limitan a esos horarios en particular.

Habiendo considerado los tiempos de funcionamiento, el consumo energético que demanda el sistema de iluminación, se detalla en la tabla 12-6.

Sector	Número de lámparas adoptadas	Potencia (kW)	Horas por día	Consumo diario (kW)	Consumo anual (kW)
Portería	4	0,096	24	2,304	792,576
Oficinas y hall de acceso	50	1,600	9,5	15,2	5228,8
Laboratorio	8	0,256	24	6,144	2113,536
Panel de control	8	0,256	24	6,144	2113,536
Taller de mantenimiento	13	0,650	24	15,6	5366,4
Cocina y comedor	7	0,126	12	1,512	520,128
Baños y vestuarios	20	0,360	24	8,64	2972,16
Planta de tratamiento de agua	6	0,300	24	7,2	2476,8
Estacionamiento	10	2,000	12	24	8256
Escaleras y pasarelas	4	0,144	12	1,728	594,432
Producción	82	16,400	12	196,8	67699,2
Accesos y circulación	68	13,600	12	163,2	56140,8
Cargaderos	8	0,400	12	4,8	1651,2
Parte superior de tanques	4	0,200	12	2,4	825,6
<b>TOTAL</b>				<b>455,67</b>	<b>156751,16</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 12.7 CONSUMO TOTAL DE LA PLANTA

El consumo energético total, que definen los consumos de los equipos que intervienen en la producción y el sistema de luminarias, está dado por la tabla 12-7

Tipo de consumo	Consumo diario (kW)	Consumo anual
Equipos	420,48	144645,12
Luminaria	455,672	156751,168
<b>Total</b>	<b>876,15</b>	<b>301396,288</b>

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO XIII

## ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



## CAPÍTULO XIII: ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

### 13.1 INTRODUCCIÓN

A menudo la creación o formación de empresas responde a la necesidad de cubrir un servicio o una necesidad en un entorno determinado y mediante el cual existe la posibilidad de salir beneficiado. Para ello, el emprendedor o el grupo de emprendedores reúne los recursos económicos y logísticos necesarios para poder afrontar dicho reto empresarial y cumplir los objetivos que se marquen y haciendo uso de los llamados factores productivos: trabajo, tierra y capital.

Conceptual y operativamente, una organización es un sistema social, en el que se coordinan racionalmente las actividades que realizan un cierto número de personas, con la finalidad de alcanzar objetivos comunes y explícitos, mediante la división de funciones y del trabajo y con una jerarquización de la autoridad y la responsabilidad. (Canales, 2016)

Específicamente una empresa es una organización de personas y recursos que buscan la consecución de un beneficio económico con el desarrollo de una actividad en particular. Esta unidad productiva puede contar con una sola persona y debe buscar el lucro y alcanzar una serie de objetivos marcados en su formación. (Economipedia, 2021)

Este capítulo tiene por finalidad enmarcar bajo las regulaciones de la ley, el tipo de empresa, establecer la organización estructural en orden de jerarquías, los convenios colectivos de trabajo y gremios representante de los trabajadores. Se pretende analizar la cantidad de empleados que requiere la compañía para cubrir las demandas de cada sector y se definen con claridad las funciones de cada uno en estricta relación con las necesidades de la empresa.

### 13.2 TIPO DE SOCIEDAD COMERCIAL

La ley general de sociedades (Ley 19550) define en su artículo primero a las sociedades de la siguiente forma: “Habrá sociedad si una o más personas en forma organizada, conforme a uno de los tipos previsto en esta ley, se obliguen a realizar aportes para aplicarlos a la producción o intercambio de bienes o servicios participando de los beneficios y soportando las pérdidas. La sociedad unipersonal solo se podrá constituir como sociedad anónima. La sociedad unipersonal no puede constituirse por una sociedad unipersonal”

Dentro de todas las sociedades que se pueden formar en nuestro país, las Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL) y la Sociedad Anónima (SA) son las mayoritarias, siendo esta última, la más empleada para cuándo las sociedades conducen grandes empresas. Este proyecto, se enmarca dentro de la forma jurídica de la Sociedad Anónima dónde:

- El capital está dividido en acciones, y a diferencia de las S.R.L., en las cuales las participaciones no pueden transferirse sin limitaciones, en las S.A. las acciones podrán heredarse, venderse o transferirse sin ningún obstáculo.
- Las acciones aportadas por cada integrante son las que limitan la responsabilidad de cada socio.
- Una Sociedad Anónima presenta mucho más dinamismo que las S.R.L, debido a la simplicidad al momento de vender o transferir las acciones. Este permite el ingreso y egreso de integrantes a la sociedad de forma fluida.

- Para constituir una S.A., no existe un límite de socios, pero se necesita un mínimo de dos. Podrán ser personas físicas o jurídicas.

- Cómo mínimo, para conformar una S.A. en Argentina, se debe aportar un capital de \$100.000. Al igual que en las S.R.L., se podrá iniciar sólo con el 25% de esa suma, y lo restante durante los dos años que siguen.

- En cuanto a la organización de las Sociedades Anónimas, se deberán establecer los siguientes roles:

- **Directorio:** conformado por uno o más personas elegidas por los accionistas. Son los encargados de la administración de la S.A.
- **Gobierno:** integrado por los accionistas. Tienen la obligación de reunirse en asamblea una vez al año.
- **Presidente de la S.A.:** figura representativa de la sociedad.

La legislación laboral determina las condiciones de contratación del personal, las escalas salariales y los beneficios sociales correspondientes, aplicando a este caso lo establecido en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 351/02 en el que interviene el Sindicato del Personal de la Industria Química y Petroquímica de Zárate y Empresas Químicas y Petroquímicas de Zárate-Campana.

La legislación tributaria vigente determina los impuestos que debe pagar el proyecto en la etapa de operación, como, por ejemplo, los impuestos generales (Impuesto a las Ganancias, Impuesto al Valor Agregado o el Impuesto a los Ingresos Brutos).

### 13.3 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

En lo que contempla a la estructura de la empresa, se lleva a cabo una clasificación por niveles jerárquicos, los cuales determinan las responsabilidades que posee cada uno de los empleados. Como resultado de este sistema de relaciones se tiene como objetivos:

- Que cada empleado tenga los conocimientos técnicos adecuados para realizar sus funciones y cumplir con sus obligaciones.
- Tener información de todas y cada una de las actividades que se desarrollan en el trabajo, con el fundamento de dar al trabajador un panorama más claro y de conjunto que haga que la comprensión del objetivo final de la empresa sea eficiente.
- Establecer reglas y política de trabajo.
- Definir una cultura empresarial

#### 13.3.1 Organización interna

Para el correcto funcionamiento de la organización se adopta la creación de varios departamentos que siguen cada uno, un fin general para poder concluir en el objetivo principal de una empresa. Cuarenta y cuatro empleados que responden en orden de jerarquías preestablecidas deberían cumplir sus roles que se detallan en el apartado 13.4.

### 13.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

Las múltiples funciones individuales de todos los empleados nucleados estarán organizadas de tal manera que, en el orden de jerarquías establecido, el gerente general asuma la máxima responsabilidad. Se dispone de una jefatura para cada departamento dónde responden a gerencia. Los supervisores o encargados responden a las jefaturas y los operarios a estos últimos. En la imagen 13-1 se detalla el organigrama creado para cada puesto.

Los 6 departamentos generales y las responsabilidades de quiénes lo encabezan e integran se explican en los siguientes apartados.

#### 13.4.1 Gerente general

Es la máxima autoridad de la planta, por lo que desarrolla, define y hace cumplir los objetivos organizacionales y además planifica el crecimiento de la empresa a corto y largo plazo. Otras funciones que lleva a cabo el gerente son:

- ✓ Dirige y controla las funciones administrativas de la empresa.
- ✓ Se encarga de la supervisión y el correcto cumplimiento de las funciones realizadas por el personal, analizando la eficiencia en el desempeño del trabajo.
- ✓ Asegura el correcto cumplimiento de las normas, reglamentos, políticas e instructivos internos, como así también los que son establecidos por las entidades de control y regulación.
- ✓ Ejerce su control preponderante sobre los demás departamentos y obtiene información de los mismos, para llevar a cabo la toma de decisiones.
- ✓ Ejerce su representación legal y participa en todas las reuniones con Asociaciones, Cámaras, Ministerio y demás instituciones públicas y privadas.
- ✓ Controla y supervisa los reportes financieros, comparando los resultados reales con los presupuestados.
- ✓ Controla los costos y rentabilidad de la empresa.
- ✓ Controla los índices y costos de producción, planes y programas de producción.
- ✓ Controla la administración de los recursos monetarios y el cumplimiento de regulaciones en materia tributaria, arancelaria y demás obligaciones legales.



Imagen 13-1: Organigrama de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

#### 13.4.2 Departamento de Higiene y Seguridad

Máximo responsable: Jefe de Higiene y Seguridad. El mismo está encargado de regular, aplicar, y hacer cumplir todos los reglamentos dirigidos a las normativas de seguridad e higiene en la fábrica. Es un profesional cuya función principal es controlar el cumplimiento de normas de higiene y seguridad, el estado de las instalaciones y el uso de elementos de protección personal. Dirige los programas de capacitación en materia de seguridad industrial e higiene ocupacional. Otras funciones son:

- ✓ Elaborar el programa de seguridad en todas sus fases: planeación, ejecución y control.
- ✓ Integrar el programa de aseguramiento las siguientes áreas: prevención de accidentes, prevención de siniestros, control de pérdidas e higiene industrial.
- ✓ Identificar 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.
- ✓ 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° 19587, Ley N° 24557 de Riesgos del Trabajo.

A la jefatura de HyS responderán cuatro empleados que deberán contar con la tecnicatura en higiene y seguridad, estos a su vez tendrán la responsabilidad de implementar un sistema de control de riesgos del trabajo tanto en la prevención de accidentes como de enfermedades laborales. Para ello se rigen por reglamentaciones, la estandarización, la inspección, las investigaciones, la educación, entre otras, siguiendo las tareas ordenadas por el jefe del sector. Además de controlar la correcta ejecución de las actividades de riesgo dentro de la empresa, dando su punto de vista para el inicio de la tarea y al finalizar la misma.

#### 13.4.3 Departamento de Calidad

Este departamento se encarga de establecer límites de variación en los atributos y variables del producto, e informar su estado dentro de esos límites. Comprende las funciones de desarrollo de métodos de control, control de medidas, inspección y ensayos, reclamos de clientes y recuperación de materiales rechazados o fuera de uso. El máximo responsable será el jefe de calidad y su tarea principal consiste en definir la metodología para el control de los parámetros de calidad en el producto en proceso, la materia prima y el producto final. También se encarga de organizar las tareas del laboratorio, informar a la gerencia general, departamento comercial y departamento de producción, sobre los resultados de los análisis de calidad de los productos elaborados y de organizar y supervisar las tareas desarrolladas por sus subordinados. Algunas de sus funciones son:

- ✓ Desarrollar e implementar procedimientos internos y de certificación de normas, para lo cual debe trabajar conjuntamente con las áreas vinculadas.
- ✓ Controlar que las variables de proceso estén dentro de lo previsto, y de lo contrario reporta al jefe de planta.
- ✓ Contar con equipamiento específico que funcione correctamente y esté calibrado según los patrones establecidos.

- ✓ Responsabilizarse del entrenamiento y capacitación de su personal.
- ✓ Garantizar que se estén utilizando las materias primas adecuadas y verificar que las actividades de su área se realicen de acuerdo a lo establecido.
- ✓ Tener registro de todos los procedimientos realizados y de los análisis de materias primas y productos.
- ✓ Solicitar toma de muestras en campo y analizar las determinaciones con el objeto de verificar desvíos en las condiciones de proceso.
- ✓ Administrar documentación técnica y mantenerla actualizada, en especial de la base de datos del laboratorio.

4 analistas de laboratorio deberán ser los responsables de llevar a cabo las actividades que se les confiere. Estos deberán contar con al menos el grado en técnicos de laboratorio. Sus responsabilidades serán:

- ✓ Realizar los controles físico-químicos de materias primas, productos terminados, corrientes de procesos y equipos de la planta.
- ✓ Mantenimiento técnico a los equipos que intervienen en el análisis de datos
- ✓ Realizar las tareas que aporten a la investigación y desarrollo.
- ✓ Mantener el orden y la limpieza del laboratorio.

#### **13.4.4 Departamento de Producción**

El departamento de producción tiene a cargo la elaboración del producto, el desarrollo e implementación de los planes productivos y el estudio de la factibilidad de nuevos procesos o de modificaciones de los ya existentes. Además, es su responsabilidad respetar los estándares y patrones de calidad para la obtención de un producto final de las características instituidas.

La máxima autoridad del departamento estará a cargo del jefe de producción que es el encargado de planificar la producción asegurando el cumplimiento de los planes establecidos. Sus actividades son:

- ✓ Coordinar los equipos de trabajo.
- ✓ Verificar la calidad, cantidades y las características de los materiales de construcción a su cargo.
- ✓ Controlar que los operarios trabajen de manera eficiente (trabajando en contacto con los supervisores).
- ✓ Asegurar que se cumplan las condiciones de instalación, de puesta en marcha, mantenimiento preventivo de los equipos; conservando los manuales y las garantías de cada equipo.
- ✓ Verificar la calidad técnica de los trabajos que se ejecuten; y de las personas que los lleven a cabo y dirijan estos.

El jefe de producción subordina a los supervisores o encargados de operaciones.

Los supervisores son los encargados de proyectar, dirigir, desarrollar y controlar el trabajo diario. Sus actividades son:

- ✓ Planificar el trabajo del día, estableciendo prioridades y manejando efectivamente los recursos disponibles.
- ✓ Controlar a los operarios, a los cuales debe impartir órdenes claras y precisas, favoreciendo el buen clima laboral y motivándolos para que realicen su tarea correctamente.
- ✓ Informar al jefe de planta cualquier desviación o problema ocurrido.

El manejo integro de la planta, esta conducido por 4 panelistas y sus principales funciones son:

- ✓ Control de operaciones en modo automático y remoto desde la sala de control.
- ✓ Arranque y parada de planta en modo normal, emergencia o pruebas.
- ✓ Vigilancia de parámetros de operación e identificación de criticidad de alarmas de los sistemas en operación.

El equipo completo de producción concluye con un operario de campo, uno por cada turno y sus actividades es:

- ✓ Se encargan del manejo y el correcto desempeño de los equipos que tienen a su cargo.
- ✓ Cumplir con las tareas que le son asignadas y con las normas establecidas por sus superiores, además de asegurar una correcta limpieza de su zona de trabajo y controlan las distintas variables puestas en juego en el proceso, permitiendo que la planta logre un correcto accionar.
- ✓ Operar válvulas manuales en campo, monitorear variables desde planta y atender las necesidades del panelista.
- ✓ Completar los registros, informar desperfectos para ser llevados al área de mantenimiento y poner en evidencia a su superior ante la ocurrencia de desviaciones en la calidad del producto.

#### **13.4.5 Departamento de Mantenimiento**

Esta sección tiene como finalidad supervisar el mantenimiento de las instalaciones y reparación de equipos, estimando el tiempo y los materiales necesarios para realizarlo.

Se planifica, coordina y controla el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y sistemas eléctricos que se utilizan en las instalaciones.

El jefe de mantenimiento será el máximo responsable y debe establecer en forma conjunta con el jefe de producción, un plan de mantenimiento anual y mensual de los sistemas eléctricos, mecánicos y edilicios. Sus actividades son:

- ✓ Encargado de verificar la calidad, cantidades y características de los materiales de construcción que se utilizan en cada sección de la planta.
- ✓ Controlar la correcta ejecución de las tareas de montaje.

- ✓ Verificar especificaciones técnicas del equipamiento que se va a adquirir, colaborando con la decisión de la compra.
- ✓ Asegurar que se cumplan las condiciones en: instalación, puesta en marcha y mantenimiento preventivo de los equipos; conservando manuales y las garantías de cada equipo.
- ✓ Verificar la calidad técnica de los trabajos que se ejecuten y de las personas que los llevan a cabo y dirigen estos.
- ✓ Planificar los mantenimientos.

El departamento cuenta con 4 supervisor de mantenimiento que al igual que los supervisores de producción, son los encargados de proyectar, dirigir, desarrollar y controlar el trabajo diario. Es el encargado de la supervisión, mantenimiento y reparación de las instalaciones y equipos. Se decide por otra parte, que el supervisor de mantenimiento sea el encargado de controlar el buen funcionamiento de la caldera. Tendrá una función especial de controlar los parámetros de la caldera, conocer sobre sus funcionamientos óptimos y desviaciones, y actuar con serenidad en caso de alguna variación en los parámetros o fallas de los equipos antes mencionados.

Los operarios de mantenimiento, tanto mecánico como eléctrico deben llevar a cabo el mantenimiento preventivo y operativo, revisar periódicamente los equipos e instalaciones, informar a su superior los problemas detectados, etc. Por su parte, cada uno de ellos individualmente deberán tener la responsabilidad de:

- ✓ Mecánico: Debe realizar revisiones periódicas, así como el mantenimiento y reparaciones requeridas. Debe también reparar o reemplazar las piezas averiadas o cuyo ciclo de vida útil se haya cumplido. Desmontar máquinas dañadas y reemplazarlas con modelos más modernos. Es el encargado de seguir los procedimientos y medidas de seguridad para evitar accidentes y amenazas potenciales.
- ✓ Electricista: encargado de realizar instalaciones y reparaciones relacionadas con la electricidad, especialmente en máquinas e iluminación tanto en planta como en cualquier espacio del predio que se requiera.

#### **13.4.6 Departamento de Administración**

El departamento de administración se encarga de la organización dinámica de la empresa orientando sus esfuerzos hacia el cumplimiento de los objetivos de la empresa. Además, es su deber optimizar las relaciones entre cliente, proveedores, mercado económico y fuentes de financiamiento. Dentro de este departamento se encuentra el jefe administrativo, el responsable de recursos humanos, el contador y el licenciado en marketing, cuyas actividades se describen a continuación.

El máximo responsable del departamento es el jefe administrativo y sus actividades son:

- ✓ Coordinar, supervisar y controlar la ejecución de los procedimientos administrativos y contables que rigen el funcionamiento interno de la organización.
- ✓ Realizar altas y actualizaciones de cuentas de proveedores y clientes, inscripciones y trámites ante organismos oficiales, evaluación crediticia de clientes.
- ✓ Confeccionar balances mensuales e informes periódicos a solicitud de la gerencia.

- ✓ Realizar el control y seguimiento de gastos.

El departamento de administración cuenta con un responsable de recursos humanos cuyas obligaciones son:

- ✓ Fomentar una relación de cooperación entre directivos y trabajadores para evitar enfrentamientos derivados por una relación jerárquica tradicional.
- ✓ Fomentar la participación activa entre todos los trabajadores para que se comprometan con los objetivos de la empresa.
- ✓ Establecer el monto del salario, mediante el proceso de negociación entre la empresa y los sindicatos de trabajadores.
- ✓ Encargado del proceso de reclutamiento, selección e ingreso del personal.

Por su parte, la empresa deberá tener un contador integrando el departamento. Sus actividades son:

- ✓ Formula estados financieros e investiga y da soluciones a los problemas referentes a la falta de información para el registro contable.
- ✓ Identifica y analiza los ingresos, egresos y gastos que se dan en la empresa.
- ✓ Informa periódicamente todos los resultados obtenidos al gerente comercial.
- ✓ Prepara y ordena la información financiera y estadística para la toma de decisiones de las autoridades superiores.
- ✓ Se encarga del control y seguimiento de los gastos generados.
- ✓ Encargado de liquidación de sueldos.

#### **13.4.7 Departamento de Logística**

Es el encargado de realizar las compras de materias primas e insumos que se utilizan en las distintas partes de la empresa, fijándose las políticas de supply chain (cadena de abastecimiento y suministros) de las mismas. Su función está en constante relación con los departamentos de producción y administración, y fundamentalmente con los proveedores de la empresa.

Comprende, también, el planeamiento para comercializar el producto en el lugar, cantidad, tiempo y precios adecuados. Incluye las funciones de determinación de políticas de ventas, presupuesto, embalajes y el movimiento de los productos desde el lugar de almacenamiento hasta el punto de utilización o consumo. Encierra, además, las funciones de almacenamiento de producto, expedición y servicio post-venta.

El jefe de logística, máxima autoridad deberá desarrollar las siguientes funciones:

- ✓ Cumplir con los objetivos de ventas del producto elaborado, alineándose a las políticas de la empresa.
- ✓ Crear relaciones comerciales con clientes y/o proveedores.
- ✓ Establecer la política de precios del producto final.

- ✓ Definir e implementar planes de acción para reducir costos, los plazos de entrega y mantener los stocks necesarios para responder a las necesidades del cliente.
- ✓ Negociar y gestionar la compra y entrega de materias primas e insumos.
- ✓ Verificar el abastecimiento en tiempo y forma según el plan de producción.
- ✓ Trabajar junto con el área administrativa de la planta en la redacción de órdenes de compra.
- ✓ Gestionar el abastecimiento de materiales menores: ropa de trabajo, repuestos para maquinarias, entre otros.
- ✓ Realizar el seguimiento de la distribución del producto final.
- ✓ Realizar informes de costos.
- ✓ Realizar mensualmente el stock de la planta, coordinando información con otros sectores.

4 empleados de logística deberán responder al jefe del departamento de logística y cada operario involucrado en esta área deberá desarrollar las siguientes funciones:

- ✓ Organización del depósito, control de stock.
- ✓ Control de peso de materia prima en camiones ingresantes y de producto terminado de camiones salientes en la balanza.
- ✓ Encargados de carga de producto y descarga de materias primas.

### **13.5 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y TURNOS DE TRABAJO**

Debido a la continuidad del proceso, en ciertas áreas será necesario mantener cubierto el puesto las 24 horas del día, los días que la planta se encuentre en régimen de producción. Para algunos sectores, se adopta el régimen de horario rotativo. Para otros sectores, donde no son necesarios continuamente, en un horario central.

#### **13.5.1 Régimen de jornadas, horarios de trabajo y descansos.**

Las modalidades de trabajo en vigencia deberían ser

Modalidad 1: Turno rotativo 7-2, 7-2, 7-3.

Modalidad 2: Turno rotativo 5-2, 6-1, 5-2, 6-1.

Modalidad 3: Turno central.

Modalidad 1: Supervisores y operarios de producción, mantenimiento y calidad.

Turno mañana: De 6:00 a 14:00 Hs.

Turno Tarde: De 14:00 a 22:00 Hs.

Turno Noche: De 22:00 a 06:00 Hs.

Modalidad 2: Operarios de logística e higiene y seguridad.

Turno mañana: De 6:00 a 14:00 Hs.

Turno Tarde: De 14:00 a 22:00 Hs.

Modalidad 3: Personal completo de administración y jefaturas.

Lunes a viernes de 08:00 a 17:30 Hs

La modalidad 1 requiere la existencia de 4 equipos de trabajo para que mientras 3 ocupan cada uno de los turnos mencionados, un cuarto este en sus días de descanso. La segunda modalidad sólo dos equipos de trabajo. Dicha modalidad contempla la presencia de personal de logística de lunes a sábado en los horarios de circulación de camiones para su carga y descarga. La tabla 13-1 detalla, en resumen, todo lo establecido hasta acá.

Tabla 13-1: Esquema final de la organización del personal.

Área	Puesto	Modalidad	Cantidad de empleados
Higiene y seguridad	Jefatura	3	1
	Técnicos	2	2
Calidad	Jefatura	3	1
	Analistas	1	4
Producción	Jefatura	3	1
	Encargado o supervisor	1	4
	Panelista	1	4
Operario de campo	Operario de campo	1	4
	Jefatura	3	1
	Encargado o supervisor	1	4
Mantenimiento	Operario mecánico	1	4
	Operario Eléctrico	1	4
Logística	Jefatura	3	1
	Operarios	2	4
Administración	Jefatura	3	1
	Contador	3	1
	Recursos Humanos	3	1

*Fuente: Elaboración propia.*

# CAPÍTULO XIV

CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS



## **CAPÍTULO XIV: CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS**

### **14.1 INTRODUCCIÓN**

La implantación de una estrategia adecuada para el control automático de un proceso productivo es un factor esencial para mejorar la productividad y la competitividad.

Los sistemas de control automático son un conjunto de técnicas que permiten implantar estrategias para mantener condiciones físicas, o cantidades de variables medibles en valores deseados. El estudio de los sistemas de control automático tiene como objetivo evolucionar y tecnificar las tecnologías de evolución y control industrial.

A nivel industrial los ingenieros tienden a lidiar con el manejo de varias variables de manera simultánea, de modo, que existe la necesidad de controlar dichas variables para mantener los valores requeridos por los procesos industriales. Es por ello, que se utilizan sistemas automáticos de control para facilitar las tareas y reducir el costo asociado de la constante supervisión que requiere observar las variaciones de una variable durante los procesos industriales, que cada vez son más complejos.

Este capítulo tiene por objetivo, automatizar el proceso productivo de acetato de n-butilo haciendo énfasis en los sistemas de control de la columna de destilación reactiva, donde se especifican los instrumentos adoptados, y en las operaciones de intercambio energético de la corriente de alimentación. Se pretende establecer el sistema de control para toda la planta con nociones básicas de control automático de procesos.

### **14.2 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO**

Un sistema de control automático es aquel conjunto de técnicas y herramientas que permiten mantener una condición física o cantidad medible en un valor deseado. Para ello, se vale de una medición instantánea de la variable a controlar y de una comparación con un valor patrón o de referencia, para de esta manera, poder reducir o aumentar el valor de la variable medida mediante una acción correctiva (Introducción a los sistemas de control automático, 2021).

El objetivo del sistema de control automático de proceso es utilizar la variable manipulada para mantener a la variable controlada en el punto de control a pesar de las perturbaciones y se componen de 4 elementos cuya importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control de manera conjunta. Tanto los elementos como las acciones son discriminados la tabla 14-1 (Smith & Corripio, 1991).

Tabla 14-1: Elementos y acciones de un sistema de control		
Elemento	Acción	Función
SENSOR O ELEMENTO PRIMARIO	MEDICIÓN	Ambos elementos ejecutan una comparación de los valores en el que mantiene la variable para dar una respuesta al controlador
TRANSMISOR O ELEMENTO SECUNDARIO		
CONTROLADOR	DECISIÓN	Con base en la medición, este decide que hacer para mantener la variable en el valor que desea
ELEMENTO FINAL DE CONTROL	ACCIÓN	Como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente esta es realizada por el elemento final de control y procede a modificar si es necesario

Fuente: (Smith & Corripio, 1991)

En virtud de lo antes expuesto, se persigue el objetivo de identificar cada elemento del control y las acciones que le requiere a cada uno para la automatización de este proceso.

### 14.3 CONTROL AUTOMÁTICO SOBRE TANQUES

La medición de tanques es la medición de líquidos en grandes tanques de almacenamiento con el fin de cuantificar el volumen y la masa del producto en los tanques. La industria de gas y petróleo generalmente utiliza evaluaciones volumétricas estáticas del contenido del tanque. Esto involucra las mediciones de nivel, temperatura y presión. Existen diferentes maneras de medir el nivel del líquido y otras propiedades del líquido. El método de medición depende del tipo de tanque, el tipo de líquido y la manera en la que se utiliza el tanque.

Además de la medición del nivel de precisión, las mediciones de temperatura son esenciales para evaluar el contenido del tanque de manera precisa. Todos los líquidos tienen un coeficiente de expansión térmica y se debe aplicar una compensación de volumen adecuada cuando se transfieren volúmenes a diferentes condiciones de temperatura. Se suele agregar una medición de presión del líquido para brindar una evaluación actual de la densidad promedio observada y para calcular la masa del producto.

Los sistemas modernos de medición de tanques digitalizan la medición del tanque y transmiten digitalmente la información del tanque a una sala de control en donde la información de la masa y del volumen del líquido se distribuye a usuarios de los datos del inventario. Los tanques de almacenamiento pueden contener grandes volúmenes de producto líquido que representan un valor significativo. El rendimiento de precisión de un sistema de medición de tanques es de gran importancia cuando se evalúa el contenido del tanque en cualquier momento (Emerson, 2021).

La información de un sistema de medición de tanques se utiliza para muchos fines diferentes. Los más comunes son los siguientes:

- Operaciones y movimiento de fluidos

- Control de inventario
- Transferencia de custodia
- Balance de masa y control de pérdidas
- Conciliación de volumen
- Prevención de sobrellenado
- Detección de fugas

El uso y destino de los principales tanques del proceso adoptados en este proyecto requieren de un control intensivo de nivel para fines particulares tales como el control del inventario, prevención de sobrellenado y detección de fugas concretamente según los ítems mencionaos por el autor. La continuidad del proceso implica que los niveles de los tanques varíen constantemente según el ritmo de producción por el consumo de inventario y el despacho de productos.

Los sistemas de control para medir tanques pueden ser manuales o automáticos, pero se prefiere que estos seas a través de sistemas digitalizados que envíen al panel de control un valor contante de dichos niveles. Se adoptan sensores de presión como instrumento que mide la presión diferencial para obtener continuamente un valor determinado de nivel. Dicha presión diferencial es tomada por la ecuación 14-1

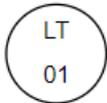
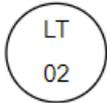
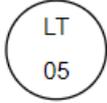
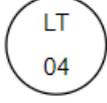
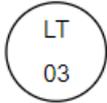
$$P = \rho * g * h \quad Ec(14 - 1)$$

Dónde P es la presión diferencial,  $\rho$  es la densidad del fluido y h la altura.



*Imagen 14-1: Sensor y transmisor de presión diferencial para medida de Nivel. Fuente (Sensores e interfaces, 2018)*

Este tipo de instrumento deberá estar presente en cada uno de los tanques vinculados a la línea de producción, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 14-2: Arreglo de control de niveles para todos los tanques de proceso			
Equipo	Figura en P&D	Almacenamiento	Principal/es objetivo/s del control
T-01		Ácido acético	Alertar sobre mínimos y máximos niveles preestablecidos con el propósito de evitar quedar sin inventario, denotar pérdidas y evitar rebalse en caso de alto nivel. Será crítico su control al momento de descargas de materias primas
T-02		n-butanol	
T-05		Agua de efluente	Alertar ante posibles rebaleses en caso de altos niveles. Control de magnitud de producción de fase acuosa (efluente)
T-04		Producto final	Evitar rebalse en caso de altos niveles, control de magnitud de producción y cuantización de despachos
T-03		Producto final especificación	Evitar altos niveles por derrames y bajos niveles para preservar a la bomba de cavitación

Fuente: Elaboración propia.

Los fines prácticos del control de nivel son similares, sin embargo, el control de nivel queda acotado a solo control y no actuación. El ritmo de dosificación de materias primas debe ser constante, porque lo que asegurar la cantidad de ácido y alcohol inyectados en la línea de producción es fundamental para cumplir la estequiometría de la reacción. Esto viene de manifiesto por la posibilidad de establecer lazos de control con el nivel y los variadores de velocidad de los motores de P-01 y P-02. Respetar la relación molar es fundamental y el control de nivel en tanque será fundamental para hacer uso y manejo del inventario de manera adecuada.

Se propone un sistema de alarmas, donde a bajo nivel adviertan que, en poco tiempo, un tanque se queda sin líquido. Esto es útil para evitar cavitación en bombas que estarán prendidas en un tiempo determinado. Para el caso de P-01 y P-02, no debería existir esta concepción dado que el inventario de materias primas es indispensable mantenerlo.

Los sensores de presión que transmiten el nivel permitirán cuantificar la producción diaria en el tanque de especificación, la acumulada de fase orgánica o producto secundario y los despachos de acetato para el tanque de almacenamiento final. En un sistema de sacada que opere con tendencias, es posible observar los niveles iniciales y finales para poder determinar los volúmenes que se mencionan conociendo la densidad de cada líquido y las dimensiones del tanque.

Bajo esta idea es posible pensar en la existencia de un lazo de control que actúe como contabilizador de cantidad de producto a despachar, donde el operario de panel ingresa un valor de carga de producto y el lazo corta la bomba que carga el camión cuando se haya cargado. Esto, también funciona bajo las referencias de nivel.

#### 14.4 CONTROL AUTOMÁTICO EN INTERCAMBIADORES DE CALOR

En la primera etapa del proceso, la etapa de pre tratamiento de la corriente de alimentación a la columna se encuentran los dos intercambiadores de calor conectados en serie E-01 y E-02 que tienen el propósito de asegurar que la temperatura de ingreso a la columna a 110°C. El primero de ellos E-01 forma parte de una integración energética con doble beneficio dónde se emplea la corriente I, de producto final, para calentar la mezcla C de alimentación y de esta forma asegurar el almacenamiento de producto final a temperatura ambiente.

El intercambiador E-02, segundo en orden de serie, bajo régimen estacionario tiene la tarea de hacer que la mezcla alcance la totalidad de temperatura deseada en el párrafo anterior. Según los balances de masa y energía, la corriente mezcla de alimentación egresa del primero a 97°C y el segundo completa la transferencia de energía. E-02 está sobredimensionado para condiciones estacionarias de trabajo. No obstante, el mismo equipo está bien dimensionado para el calentamiento completo de la mezcla C cuando no existen productos para emplear en la integración energética cuando se pone en marcha la planta.

El sobredimensionamiento para la operación en estado estacionario del segundo intercambiador hace pensar, a lo que el control automático refiere, en 3 aspectos:

- E-02 actuaría como soporte de calefacción a E-01 en caso de que alguna perturbación ocurriente haga que el intercambio energético no sea óptimo en el primero.
- E-02 implica el único equipo dónde se hagan todas las maniobras de proceso vinculadas con el control automático en este sector.
- E-02 deberá estar bajo un único sistema de control automático que pueda ser el adecuado para cuándo debe responder a las necesidades de la planta en estado estacionario o en puesta en marcha.

Mediante una estrategia de control por retroalimentación se opta por un sensor que mide temperatura a la salida del segundo intercambiador que, mediante un transmisor, regula la apertura de una válvula de control en la línea de vapor (corriente M). La imagen 14-2 retrata el sistema de control sobre E-02.

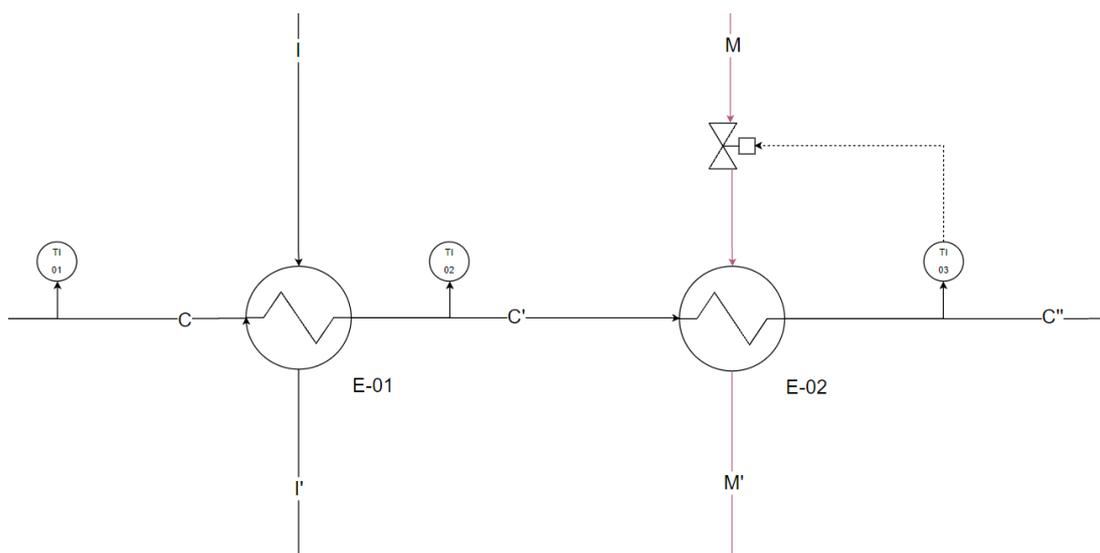


Imagen 14-2: Esquema representativo de la etapa de acondicionamiento de materias primas y automatización en E-02. Elaboración propia.

Cabe aclarar que los transmisores TT 01 y TT 02 están presentes en el diseño debido a que brindan la información al scada del panel del control a fin de conocer el valor de ambas temperaturas para su seguimiento. Sin embargo, TT 02 podría haber sido empleado como un sensor con algún transmisor para el control de variable mediante otra estrategia de control, la de control por acción pre calculada. De todas formas, la estrategia de retroalimentación tiene la ventaja de compensar cualquier perturbación interna y sirve tanto para cuando tiene que entregar baja cantidad de calor en estado estacionario, como para cuándo la apertura de la válvula sea mayor y poder proveer más vapor para cuando la planta se esté poniendo en marcha.

#### **14.5 CONTROL AUTOMÁTICO EN SEPARACIÓN**

Sin lugar a dudas, la etapa de separación es la más compleja del proceso. No concretamente por la labor de la columna de destilación reactiva sino por el decantador.

En el sexto capítulo de este proyecto se hace énfasis en una diferenciación entre la separación de ambos equipos. La separación de productos de reacción dentro de la columna, queda englobada como segunda etapa del proceso denominada reacción y separación. La posterior separación que tiene lugar fuera de la columna y se da dentro del decantador corresponde a la tercera y última etapa del proceso reconocida como separación y almacenamiento de productos.

El control automático cumple un rol fundamental en esta etapa porque define el funcionamiento adecuado de ambas operaciones, en tanto y en cuanto la correcta elección del sistema de control debe ser tal que pueda permitir un correcto grado de separación dentro del decantador. Se conoce que el reflujo de la columna a zona de rectificación tiene una composición definida según el balance de masa, esta es de importancia para el buen funcionamiento de la purificación del producto final, como principio se puede establecer que la concentración de la corriente E, reflujo de fase orgánica, sea tan elevada en acetato de n-butilo como la separación en el decantador me lo permita. Es necesario el ingreso de E concentrada en producto más pesado a fin de generar un mayor gradiente de concentraciones entre ambos productos de destilación para un mejor rendimiento dentro de C-01. No menos importante, son los efectos adversos en la cinética de la reacción cuando un reflujo que retorna a diferentes condiciones a las habituales, puede provocar.

Por otra parte, la cantidad de fase acuosa que sea eyectada de la línea de producción, no es de importancia. El subproducto será eliminado del sistema y enviado a la zona de tratamiento de efluentes del parque industrial.

En resumen, el control automático deberá ser tal que me permita reingresar un reflujo de fase orgánica lo más rica posible en el componente menos volátil para no producir modificaciones en la cinética de la reacción sin alterar la correcta separación dentro del decantador teniendo como recurso para ello, el manejo de salida de fase acuosa sin restricciones algunas.

##### **14.5.1 decantación, rectificación y separación de fase acuosa**

###### **14.5.1.1 Radares de onda guiada como sensores de nivel**

Los radares de onda guiada no tienen partes móviles y requieren un mantenimiento mínimo. Son capaces de medir el nivel y la interfase entre dos líquidos. Esta tecnología no se

ve afectada por la densidad del medio, la temperatura o las variaciones de presión, y proporciona medidas fiables y precisas en aplicaciones exigentes.

En la mayoría de los procesos son comunes las variaciones de las condiciones. La temperatura, la densidad y la viscosidad pueden cambiar. Las variaciones en la medida de nivel pueden ocurrir fácilmente bajo estas condiciones, pero la tecnología de radar de onda guiada no se ve afectada por estos cambios. El dispositivo no necesita compensar los cambios en la densidad, la constante dieléctrica o la conductividad en el fluido y esto hace que la medición sea muy fiable. Con estos equipos se puede realizar la medida de nivel tanto en líquidos como en sólidos lo que hace de esta tecnología una solución muy versátil para la medida de nivel. (Solutions, Rosetta Technology)

La implementación de un radar de onda guiada en el decantador permite detectar constantemente la posición de la interfase entre los dos líquidos inmiscibles que se separan. Tomando como referencia la altura del decantador, si la posición de la interfase está por debajo de la media, podría asegurarse una mayor cantidad de fase orgánica dentro del recinto. Por lo contrario, si la interfase se ubica por encima de la media, la fase acuosa estaría presente en el interior de la unidad de separación en exceso. Según esta premisa, se plantea un sistema de control que se detalla en la figura 14-3 en conjunto con las tablas 14-4 y 14-5.

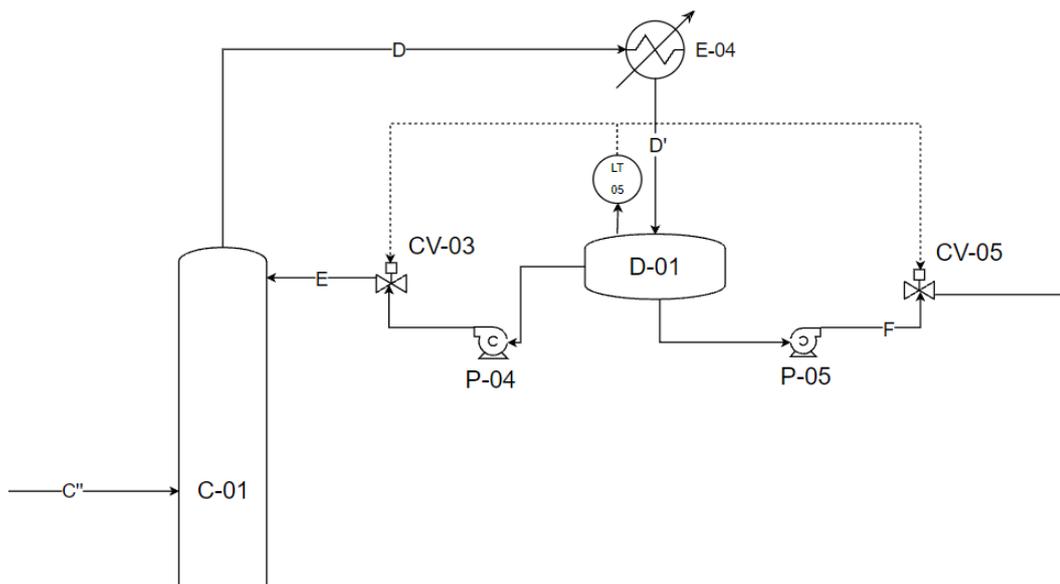


Imagen 14-3: Elementos de automatización sobre D-01 en la tercera etapa del proceso. Elaboración propia.

El sistema de control propuesto, que actúa bajo la estrategia de control de acción pre calculada, pretende actuar asegurando las condiciones de operación antes expuestas. El foco estaría puesto en la corriente E de reflujo orgánico al tope de la columna donde la válvula CV-03, que es el elemento de control definido, regula el flujo según lo requerido. Esto es, principalmente, de composición uniforme y lo más alta posible en acetato de n-butilo. La válvula CV-03, es una válvula modulante que actuaría según las indicaciones del controlador que evalúa el valor recibido por LT 06 montado en campo. La altura de interface es 0.782 m y debe ser el valor en el que permanezca la interface dentro del decantador. Ante un incremento en el nivel de la misma, con valores menores a 0.782 m, la válvula aumenta su apertura dando paso a un flujo mayor de reflujo orgánico. Por lo contrario, si hay un valor de

altura de interfase superior a 0.782 m, el controlador actuaria haciendo incrementar la apertura la válvula CV-05, el otro elemento de control, que regula la salida de fase acuosa de la línea de producción. Ambos elementos de control actuarán en conjunto según las indicaciones que marque LT 06 de forma tal que la altura de la interface sea constante e igual a 0.782 m.

La altura definida de interface es una condición de diseño para la correcta separación de los líquidos. Este sistema de control, pretende asegurar las buenas condiciones de operación en C-01 y en D-01.

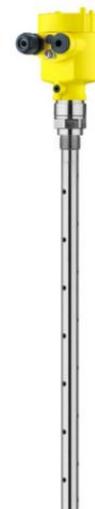
#### 14.5.1.2 Adopción del radar de onda guiada como elemento primario y secundario de control

Ante la variedad existente de este tipo de sensores, al momento de elegir son muchos los factores que deben atenderse. Para este tipo de sensores, el recinto o tanque en el que este montado implica mucho, tal es así, que el proveedor clasifica los diferentes modelos según el medio dónde sea empleado.

VEGAFLEX 81 es un tipo de sensor de radar con onda guiada adecuado para aplicaciones con líquidos en depósitos pequeños bajo condiciones simples de proceso. Las posibilidades de aplicación se encuentran en casi todos los sectores industriales. Con una amplia selección de pesos tensores, se puede usar también en tubos verticales o de bypass. Es un sensor de nivel sin mantenimiento para todo tipo de líquidos. Incluso en aplicaciones con vapor, formación de espuma y condensación, el sensor proporciona valores de medición precisos y fiables. Representa una solución eficiente en costes para la medición de nivel e interfase en múltiples aplicaciones. (Vega, 2021)

Sensor y transmisor	
Tipo	Radar de onda guiada
Proveedor	Vega
Modelo	Vegaflex 81 versión coaxial
Servicio	Localización de la interfase
Ubicación	Montado en D-01
Rango máximo de medición (m)	6
Diámetro de sonda de medición (mm)	21,1
Longitud de sonda de medición (mm)	850
Conexión a proceso	Roscada a partir de G3/4; 3/4NPT
Máxima temperatura admisible (°C)	200
Máxima presión admisible (bar)	40
Exactitud de media (mm)	±2
Salida de la señal	4 a 20 mA
Cable	Comercial de dos hilos sin blindaje

VEGAFLEX 81  
Versión coaxial



Fuente: (Vega, 2021) [www.vega.com](http://www.vega.com).

#### 14.5.1.3 Adopción de las válvulas de control como elementos finales de acción

Tal y como se establece en la automatización de esta zona, se necesitan dos válvulas de control que regulan los flujos de las corrientes E y F para mantener constante la altura de la

interface. En principio se establece el mismo modelo para las dos, tanto para CV-03 como para CV-05.

Conforme a la filosofía de Bürkert (proveedor), el diseño de la válvula reguladora de asiento recto de tipo 2301 cumple todos los requisitos relevantes de la práctica incluso bajo condiciones de uso difíciles. La vida útil y la estanqueidad quedan garantizadas al máximo mediante la obturación del husillo autorreajustable, de eficacia probada y con empaquetaduras angulares intercambiables. Cada cuerpo de válvula de asiento recto se puede equipar con hasta 5 tamaños diferentes de asiento de válvula. Estas combinaciones de asiento de válvula de cono parabólico proporcionan una curva característica fiable y repetible para la modificación del paso de flujo. El diseño de accionamiento permite la integración sencilla de unidades de automatización en todos los niveles de montaje, desde el regulador de posición electroneumático hasta al regulador de proceso. El sistema altamente integrado de válvula y unidades de automatización destaca por su compacidad y su superficie lisa en el diseño, canales de aire de control integrados y una alta resistencia química. (Burkert Fluid Control Systems., 2021)

Tabla 14-5: Adopción de las válvulas de control para el sistema de control en separación		
Elemento final de control		
	CV-03	CV-05
Elemento	Válvula modulante	Válvula modulante
Tipo	Válvula de asiento recto	Válvula de asiento recto
Proveedor	Bürkert	Bürkert
Modelo	2301	2301
Ubicación	Corriente E, entre P-04 y C-01	Corriente F, entre P-05 y T-05
$K_v$ (m <sup>3</sup> /h)	4,3	1,2
Tamaño del actuador	70 mm	50 mm
Asiento de la válvula	15 mm	6 mm
Diámetro del cuerpo	15 mm	10 mm
Accionamiento	Neumático	Neumático

Fuente: (Burkert Fluid Control Systems., 2021)

Como se menciona con anterioridad, el proveedor ofrece versatilidad para poder adaptar la válvula a diferentes caudales. El mismo ofrece una tabla dónde conocidos los valores de caudales (K<sub>v</sub>) se van determinando las dimensiones del actuador, del cuerpo y asiento de la válvula. Esta tabla es la correspondiente a la imagen 14-4. Se resaltan, según los caudales de operación, las dimensiones adoptadas. Cabe aclarar que el caudal que se considera es aquel capaz de circular sin interrupciones cuándo la apertura de la válvula es total, ósea, al 100%.

Diámetro nominal del cuerpo de válvula: [mm] [pulgadas]		Tamaño del asiento de válvula [mm] [pulgadas]		Tamaño del actuador [mm]	Valores de K <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /h]										
					Recorrido [%]										
					5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	3/8"	3	0.12	50...70	0.001	0.003	0.007	0.015	0.025	0.037	0.052	0.065	0.078	0.090	0.100
		4	1/8"		0.04	0.05	0.10	0.16	0.22	0.27	0.32	0.36	0.40	0.44	0.50
		6	3/16"		0.05	0.12	0.32	0.48	0.62	0.76	0.88	0.98	1.07	1.13	1.20
		8	1/4"		0.06	0.07	0.09	0.12	0.18	0.26	0.42	0.61	0.92	1.50	2.00
		10	3/8"		0.09	0.11	0.13	0.19	0.30	0.48	0.73	1.00	1.60	2.30	2.70
15	1/2"	4	1/8"	50...70	0.04	0.05	0.10	0.16	0.22	0.27	0.32	0.36	0.40	0.44	0.50
		6	3/16"		0.05	0.12	0.32	0.48	0.62	0.76	0.88	0.98	1.07	1.13	1.20
		8	1/4"		0.07	0.08	0.11	0.13	0.19	0.27	0.43	0.63	0.95	1.60	2.10
		10	3/8"		0.09	0.11	0.15	0.19	0.31	0.49	0.75	1.10	1.70	2.50	3.10
		15	1/2"		0.14	0.17	0.22	0.35	0.52	0.80	1.20	1.80	2.70	3.70	4.30
20	3/4"	10	3/8"	50...70	0.11	0.12	0.16	0.20	0.33	0.52	0.77	1.20	1.80	2.60	3.20
		15	1/2"		0.14	0.17	0.22	0.35	0.52	0.80	1.20	1.80	2.90	4.00	5.20
		20	3/4"		0.20	0.25	0.30	0.45	0.70	1.10	1.60	2.40	3.50	5.20	7.10
25	1"	15	1/2"	50...90	0.14	0.17	0.22	0.35	0.52	0.80	1.20	1.80	2.90	4.10	5.30
		20	3/4"		0.20	0.25	0.31	0.47	0.70	1.10	1.60	2.50	3.80	5.40	7.20
		25	1"		0.35	0.38	0.65	1.00	1.50	2.20	3.40	5.10	7.00	9.40	12.00
32	1 1/4"	20	3/4"	90	0.21	0.24	0.33	0.45	0.62	0.85	1.25	1.75	2.60	3.75	5.50
				130	0.22	0.25	0.35	0.50	0.75	1.10	1.60	2.50	3.80	5.80	8.00
		25	1"	90	0.38	0.45	0.65	0.95	1.35	1.95	2.85	4.00	5.55	7.40	9.90
				130	0.40	0.47	0.73	1.10	1.60	2.50	3.70	5.40	7.50	10.30	13.00
		32	1 1/4"	90	0.45	0.58	0.80	1.10	1.70	2.50	3.50	4.90	7.00	10.10	13.40
				130	0.48	0.60	0.85	1.30	2.10	3.10	4.50	6.80	10.20	14.00	17.80

Imagen 14-4: Parámetros para adopción de dimensiones de la válvula según el caudal. Fuente: (Burkert Fluid Control Systems., 2021)

#### 14.6 CONTROL AUTOMÁTICO TOTAL

Han sido poco los puntos de interés dentro de todo el proceso dónde se habló de automatización, se propone una automatización total, dónde se suman las ya mencionadas para no dejar de considerar todos los puntos dónde se pueda realizar una conexión con un instrumento que permita la automatización.

Las tablas 14-6 y 14-7 pretenden mostrar todos los elementos primarios de medición con sus transmisores que deberían ser empleados a los fines de respetar los controles de de las diferentes variables que se plantean en el décimo capítulo de este trabajo, además de los sistemas propuestos en esta sección para las etapas primera y segunda. Tanto las tablas como el diagrama final representado por la imagen 14-5, muestran también algunos sistemas de control automático propuestos que no han sido desarrollados.

Tabla 14-6: Instrumentos de medición para nivel y caudal que intervienen en el proceso.

Control	Elemento	Ubicación	Función		Elemento de control	Objetivo
			Control	Automatización		
Nivel	LT 01	Base de T-01	✓		-	En Tabla 14-2
	LT 02	Base de T-02	✓		-	En Tabla 14-2
	LT 03	Base de T-03	✓		-	En Tabla 14-2
	LT 04	Base de T-04	✓		-	En Tabla 14-2
	LT 05	Base de T-05	✓		-	En Tabla 14-2
	LT 06	En D-01		✓	Válvulas de control	Mantener constante la altura de la interface
	LT 07	Base de C-01		✓	Variador de P-06	Evitar bajo nivel en la virola de C-01
Caudal	FT 01	Sobre línea A		✓	Variador de P-01	Asegurar la correcta dosificación de materias primas para respetar la estequiometría de la reacción
	FT 02	Sobre línea B		✓	Variador de P-02	
	FT 03	Sobre línea M'		✓	Variador de P-12	Evitar cavitación en bombas de retorno de condensados ante un eventual problema en la condensación
	FT 04	Sobre línea L'		✓	Variador de P-11	
	FT 05	Sobre línea N+K		✓	Variador de P-10	Asegurar caudal total de agua de servicio que se debe enviar
	FT 06	Sobre línea M	✓		-	Seguimiento de caudal de vapor de servicio
	FT 07	Sobre línea L	✓		-	Seguimiento de caudal de vapor de servicio
	FT 08	Sobre línea I	✓		-	Seguimiento de caudal de producto final a enfriamiento
	FT 09	Sobre línea D	✓		-	Seguimiento de caudal de vapores al condensador
	FT 10	Sobre línea I'	✓		-	Seguimiento de caudal de producto final a almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

Control	Elemento	Ubicación	Función		Elemento de control	Objetivo
			Control	Automatización		
Temperatura	TT 01	Sobre línea C	✓		-	Seguimiento de temperatura inicial de la mezcla
	TT 02	Sobre línea C'	✓		-	Seguimiento de temperatura después de E-01
	TT 03	Sobre línea C''		✓	Válvula de control	Asegurar temperatura final de ingreso a columna
	TT 04	Sobre línea H'		✓	Válvula de control	Asegurar temperatura de reingreso de fondos a la columna
	TT 05	Salida de CT-01	✓		-	Seguimiento de temperatura de agua de servicio
	TT 06	Retorno de CT-01	✓		-	Seguimiento de temperatura de retorno de agua de servicio
	TT 07	Plato 2 C-01	✓		-	Seguimiento del perfil de temperaturas de operación de la columna de destilación reactiva en puntos clave
	TT 08	Plato 5 C-01	✓		-	
	TT 09	Plato 13 C-01	✓		-	
	TT 10	Sobre línea D	✓		-	Seguimiento de temperatura de vapores a condensar
	TT 11	Sobre línea D'	✓		-	Seguimiento de temperatura de condensado
	TT 12	Sobre línea I'	✓		-	Seguimiento de temperatura de producto final a almacenar
Presión	PT 01	Tope C-01	✓		-	Evaluación de la caída de presión para la circulación del vapor de proceso hacia el condensador
	PT 02	Salida E-04	✓		-	
	PT 03	Sobre línea M	✓		-	Seguimiento de presión en línea de vapor de servicio
	PT 04	Sobre línea L	✓		-	Seguimiento de presión en línea de vapor de servicio

Fuente: Elaboración propia.

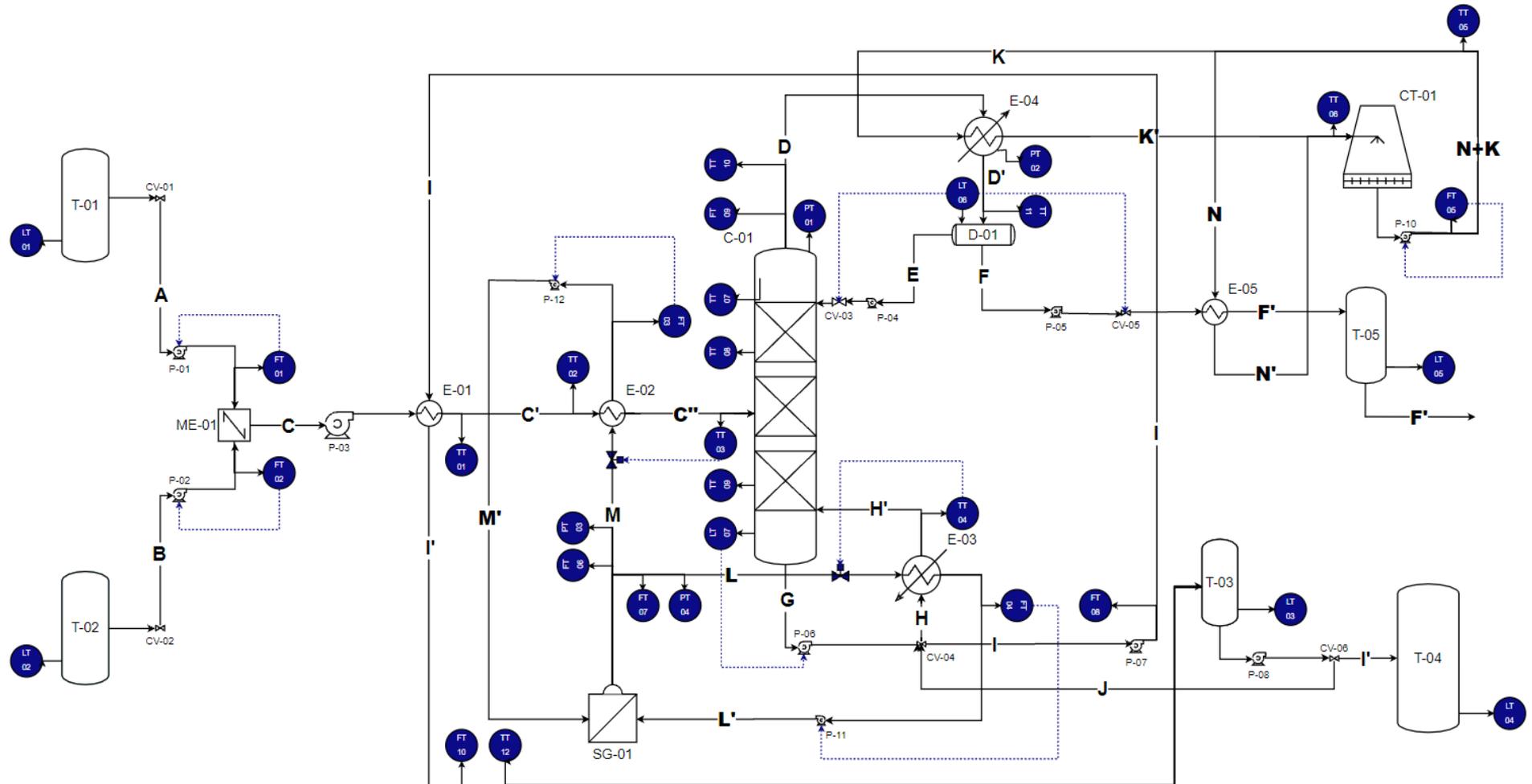


Imagen 14-5: Diagrama de flujo del proceso con ubicación de elementos primarios y secundarios de medición y transmisión con los respectivos lazos de control. Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO XV

SEGURIDAD INDUSTRIAL



## CAPÍTULO XV: SEGURIDAD INDUSTRIAL

### 15.1 INTRODUCCIÓN

La seguridad e higiene laboral es de carácter preventivo, y se dirige a la salud y comodidad de los trabajadores, con el fin de evitar que estos se enfermen o se ausenten parcial o totalmente de sus labores. Se logra a través de educar a todo el personal, indicando los peligros y riesgos existentes, con la finalidad de evitarlos o disminuirlos, creando y manteniendo un estado de alerta ante los mismos en el lugar de trabajo. A raíz de ello se hacen indispensables los programas de capacitación a gerentes y trabajadores en prácticas seguras y saludables dentro del lugar de trabajo, tomando en cuenta el riesgo al que están expuestos. (León, 2013)

La Ingeniería Química, y específicamente de los ingenieros involucrados en el diseño de plantas industriales, tiene como objetivo generar productos y servicios que incrementen la calidad de vida y que garanticen un desarrollo seguro y sostenible. Por lo tanto, no se pueden obviar, durante el diseño, los peligros potenciales para la salud y seguridad de las personas, así como los perjuicios que se puedan llegar a generar para el medio ambiente.

### 15.2 LEGISLACIÓN INDUSTRIAL

La legislación industrial resulta de conocimiento y consulta imprescindibles para el ingeniero que intervenga en proyectos industriales y 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 acetato de n-butilo, se basa en el panorama legislativo vigente en nuestro país, en lo que respecta a seguridad industrial; esto es:

- **Ley de seguridad e higiene en el trabajo N° 19587** y sus decretos Reglamentarios 351/79 y 1338/96 determinan las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en todo el territorio de la República Argentina.

- **Ley de riesgos de trabajo N° 24557.** El objetivo del sistema de riesgos de trabajo es proteger a las personas ante los daños a la salud provocados por el trabajo, mediante servicios de prevención de riesgos. Sin embargo, las contingencias siguen ocurriendo y cada trabajador/ra que ve afectado/a su salud tiene derecho a recibir la cobertura integral para la reparar los daños derivados del trabajo.

Y, en las recomendaciones y exigencias establecidas por organizaciones internacionales que se ocupan de la seguridad industrial.

### 15.3 GESTIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD

El Departamento de Higiene y Seguridad posee la responsabilidad sobre cuestiones relacionadas con higiene y seguridad de la planta.

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 de higiene y seguridad, 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. La estructura de la empresa, departamento y personal, está conformada según lo establecido en el capítulo Organización industrial, donde se detalla el organigrama de toda la planta.

#### **15.4 ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERATIVIDAD**

Toda operación productiva tiene riesgos, y si bien éstos no pueden ser eliminados completamente, hay técnicas que permiten identificarlos, minimizarlos. Las metodologías de análisis de riesgos, conocidas como PHA (Process Hazards Analysis), se están convirtiendo en un estándar de la industria a nivel mundial. Algunas metodologías PHA se utilizan para identificar riesgos (métodos cualitativos) y otras para evaluar riesgos (generalmente métodos cuantitativos).

Se implementa en este caso el análisis de HAZOP. Pertenece a una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operatividad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo.

La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

##### **15.4.1 Definición del área de estudio**

Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias, entre ellas, descarga de materias primas, acondicionamiento de materias primas, producción, separación, etc.

En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nodos o puntos claramente localizados en el proceso. Cada nodo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad.

La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos y cada nodo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, densidad, entre otras.

##### **15.4.2 Palabras guías**

Las "palabras guía" se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nodos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos (presión, caudal, temperatura, etc.). La siguiente tabla presenta algunas palabras guía y su significado.

Tabla 15-1: Palabras guía - análisis de HAZOP			
Palabra guía	Significado	Ejemplo	Ejemplo de causas originadoras
NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica.	No hay flujo en línea	Bloqueo; fallo de bombeo; válvula cerrada o atascada; fuga.
MAS	Aumento cuantitativo de una variable.	Más flujo	Presión de descarga reducida; succión presurizada; fuga; lectura errónea de instrumentos.
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable.	Menos temperatura	Pérdida de calor; vaporización; venteo bloqueado.
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable Se obtiene el efecto contrario al que se pretende.	Flujo inverso	Fallo de bomba; inversión de bombeo.
ADEMAS DE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones de diseño.	Impurezas o una fase extraordinaria	Entrada de contaminantes del exterior como aire; productos de corrosión, fallos de puesta en marcha.
PARTE DE	Disminución cualitativa. Se obtiene solamente una parte de las intenciones del diseño.	Disminución de la composición en una mezcla	Concentración demasiado baja en la mezcla; reacciones adicionales.
DIFERENTE	Actividades distintas respecto a la operación normal.	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada; muestreo; activación de catalizador; corrosión.

Fuente: Elaboración propia.

Para cada nodo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nodo determinado. Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

En la tabla anterior se presentan algunos ejemplos de aplicación de palabras guía, las desviaciones que originan y sus causas posibles. Las desviaciones más comunes en nuestro proceso serán: Caudal, nivel, temperatura, presión, densidad y composición.

La realización del proceso antes mencionado se lleva a cabo en las denominadas “sesiones HAZOP”, las cuales tienen como objetivo analizar las desviaciones en todas las líneas o nodos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar. Toda esta información se presenta en forma de tabla que sistematiza la entrada de datos y el análisis posterior. A continuación, se presenta el formato de ejemplo.

Columna	Contenido
Posibles causas	Se describe de forma numerada las distintas causas que pueden conducir a la desviación
Consecuencias	Para cada una de las causas planteadas, se indican con la consiguiente correspondencia en la numeración las consecuencias asociadas.
Respuesta del sistema	Se indicará en este caso: 1. Los mecanismos de detección de la desviación planteada según causas o consecuencias. Por ejemplo: alarmas. 2. Los automatismos capaces de responder a la desviación planteada según las causas. Por ejemplo: Lazo de control.
Acciones a tomar	Propuesta preliminar de modificaciones a la instalación en vista de la gravedad de la consecuencia identificada.
Comentarios	Observaciones que complementan o apoyan algunos de los elementos reflejados en las columnas anteriores.

*Fuente: Elaboración propia.*

La Consecuencia se cuantifica por el número y gravedad de las víctimas, la magnitud económica o ecológica de los daños producidos por un evento desatado a partir de un determinado peligro. Algunos ejemplos de consecuencias pueden ser: Víctimas Fatales, heridas graves, heridas leves, pérdida económica, daño ambiental. Mientras que la frecuencia se cuantifica por la cantidad de veces que el evento puede ocurrir en un lapso de tiempo determinado. Algunos ejemplos de frecuencia pueden ser:

- 1 Vez por año.
- 1 Vez cada 10 años.
- 1 Vez cada 100 años.
- 1 Vez cada 1000 años.
- 1 Vez cada 10000 años.
- 1 Vez cada 100000 años.

### 15.5 SEGURIDAD EN PREVENCIÓN, DEFENSA Y ACTUACIÓN

La principal herramienta de la seguridad e higiene es la prevención, o en su defecto contar con las herramientas necesarias para la defensa y actuación en el momento de incidentes, accidentes o siniestros.

Si bien hasta aquí se han considerado, en cada sector de la planta en particular, una amplia cantidad de medidas necesarias para evitar diversos tipos de riesgos; cumpliendo con todas las condiciones impuestas por la ley vigente. Lo realizado no quedaría completo sin el agregado de lo que a continuación se desarrolla; esto es prevención, defensa y actuación frente a siniestros, en particular frente al fuego.

#### 15.5.1 Orden y limpieza

El mantenimiento técnico de las instalaciones se debe complementar con la limpieza general de la planta, la que estará a cargo de 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 detalla luego.

### 15.5.2 Señalización

La señalización adecuada en los diversos 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, no elimina riesgos, sino que es un complemento que tiende a evitar o reducir la cantidad de accidentes.

Las señales, pueden ser ópticas, acústicas, olfativas o táctiles. Las ópticas están basadas en la apreciación de formas y colores por medio de la vista, acústicas: apreciación de situaciones de riesgo por medio del oído, olfativas: usadas para la identificación de sustancias peligrosas que sean inodoras e incoloras mediante la adición de sustancias odorantes, táctiles: basadas en la apreciación táctil de determinadas formas y texturas.

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.

Los cuadros siguientes muestran el significado de los colores y las señales que se pueden llegar a visualizar en la planta industrial, y además lo que representa cada una de estas señales.

Tabla 15-3: Significado de los colores de las señalizaciones		
Color	Significado	Indicaciones y precisiones.
ROJO	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos.
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
AMARILLO	Señal de advertencia	Atención, precaución. Verificación.
AZUL	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
VERDE	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de socorro.
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad.

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 15-4: Señales de información	
Señales de información	
Proporciona información necesaria para realizar una tarea determinada y para informar los peligros que pueden existir en un determinado lugar de trabajo.	
Señal y su respectivo significado	
	<p>Botiquín: esta señal informa donde está situado el botiquín por si se sufre algún tipo de lesión, que debe estar completo para poder curar lesiones de poca gravedad.</p>
	<p>Flecha abajo: esta señal indica las posibles salidas de socorro; pueden estar situadas en cualquier lugar de la fábrica y en cualquier dirección.</p>
	<p>Salida: Esta señal indica cual es la salida de emergencia o socorro.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15-5: Señales de advertencia	
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.	
Señal y su respectivo significado	
	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 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.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15-6: Señales de prohibición	
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.	
Señal y su respectivo significado	
 <p>PROHIBIDO APAGAR CON AGUA</p>	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.
 <p>PROHIBIDO BEBER AGUA</p>	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.
 <p>PROHIBIDO EL PASO DE PEATONES</p>	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.
 <p>PROHIBIDO FUMAR</p>	Prohibido fumar: esta señal indica que está prohibido fumar en el lugar, ya que el fumar puede generar un siniestro.
 <p>PROHIBIDO FUMAR Y ENCENDER FUEGO</p>	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.
 <p>ALTO SOLO PERSONAL AUTORIZADO</p>	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.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15-7: Señales de obligación	
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.	
Señal y su respectivo significado	
	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.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15-8: Señales de lucha contra incendios	
Señales de lucha contra incendios	
Proporciona información sobre elementos de lucha contra incendios.	
Señal y su respectivo significado	
	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.

Fuente: Elaboración propia.

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.

El pintado de cañerías cumplirá con los requisitos establecidos en la Norma IRAM 2507.

Producto	Color fundamental
Elementos para la lucha contra el fuego (sistemas de rociado, bocas de incendio, agua de incendio, ignífugos, etc.)	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustibles (líquidos y gases)	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Vacío	Castaño
Agua fría	Verde
Agua caliente	Verde con franjas naranja

Imagen 15-1: Cañerías según IRAM 2507. Fuente: <http://www.etpcba.com.ar>

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.

A continuación, se muestran modelos típicos de tarjetas de seguridad.



Imagen 15-2: Tarjetas de seguridad. Fuente: <http://www.etpcba.com.ar>.

### 15.5.3 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.

Tipos de fuego:

- CLASE A: fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser madera, papel, telas, gomas, plásticos termoendurecibles y otros.
- CLASE B: fuegos sobre líquidos combustibles, grasas, pinturas, aceites, ceras y otros.

- CLASE C: fuegos sobre materiales, Instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.
- CLASE D: fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

El equipo extintor adecuado para cada clase de fuego, se identifica con la misma letra, en forma destacada y sobre una figura geométrica de distinta forma y color:

- Clase A: La letra "A" de color, blanco sobre un triángulo de color verde.
- Clase B: La letra "B" de color blanco, sobre un cuadro de color rojo.
- Clase C: La letra "C" de color blanco, sobre un círculo de color azul.
- Clase D: La letra "D" de color blanco, sobre una estrella de cinco puntas, de color amarillo.

La identificación por medio de letras, colores y figuras geométricas, ayuda en la práctica, a identificar a bastante distancia y en forma rápida, el adecuado equipo extintor. Existe también combinación de letras ya que hay extintores que son aptos para varias clases de fuego.

Clases de Fuegos	AGUA	AGUA Y AFFF	DIOXIDO DE CARBONO	POLVO ABC	POLVO BC	HCFC 123	POLVO CLASE D	ACETATO DE POTASIO
<b>A</b>	Acción de Enfriamiento	SI Enfría y Sofoca	NO No apaga fuegos profundos	SI Se funde sobre los elementos	NO No es específico para este uso	SI Absorbe el calor	NO No es específico para este uso	SI Acción de Enfriamiento
<b>B</b>	NO Espere el combustible	SI Sofoca por medio de la película de espumígeno	SI Sofoca al desplazar el oxígeno	SI Rompe la cadena de combustión	SI Rompe la cadena de combustión	SI Rompe la cadena de combustión	NO No es específico para este uso	SI Rompe la cadena de combustión
<b>C</b>	NO Conduce la electricidad	NO Conduce la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	NO No es específico para este uso	SI No es conductor de la electricidad
<b>D</b>	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	SI Es necesario utilizar el polvo adecuado para cada metal.	NO No es específico para este uso
<b>K</b>	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	SI Es específico para este uso
CORRECTO			NO ES RECOMENDABLE			NO, PELIGROSO		

Imagen 15-3: Clases de fuegos y extintores. Fuente: <http://www.etpca.com.ar>.

### 15.5.4 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. Y que dichos elementos, no son intercambiables con los demás trabajadores de la planta. Además, 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.

Los cuadros siguientes 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.

Tabla 15-9: Elementos de protección	
<b>Protección corporal</b>	
<b>Elemento protector y campo de aplicación</b>	
<p>La ropa de trabajo utilizada tendrá las siguientes características:</p> <p>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.</p> <p>Ajustará bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.</p> <p>Siempre que las circunstancias lo permitan las mangas serán largas y ajustarán adecuadamente.</p> <p>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.</p> <p>Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional, como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos.</p> <p>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.</p>	
<b>Protección craneana</b>	
<b>Elemento protector y campo de aplicación</b>	
	<p>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.</p>
<b>Protección ocular y/o facial</b>	
<b>Elemento protector y campo de aplicación</b>	
	<p>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.</p>

Protección respiratoria	
Elemento protector y campo de aplicación	
	<p>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, semimáscaras, máscaras o equipos autónomos.</p>
Protección para pies	
Elemento protector y campo de aplicación	
	<p>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.</p>
Protección para manos	
Elemento protector y campo de aplicación	
 <p>Guantes Descartables</p> <p>Guantes De algodón Moteado</p> <p>Guantes De kevlar</p> <p>Guantes De PVC rojo Sempesado</p> <p>Guantes De nitrilo</p>	<p>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 éste caso los guantes deben ser dieléctricos). 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.</p>
Protección para oídos	
Elemento protector y campo de aplicación	

	<p>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.</p>
<p><b>Protección en altura</b> <b>Elemento protector y campo de aplicación</b></p>	
	<p>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 anticaídas 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.</p>

Fuente: *Elaboración propia.*

### 15.6 PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

La empresa implementa y mantiene los procesos para prepararse y responder ante situaciones de emergencia potenciales, las que se adaptarán en la práctica según las necesidades del personal y las instalaciones a proteger. Considerando además los equipamientos, elementos personales y dispositivos existentes.

Los objetivos del Plan de preparación y respuesta ante emergencia son:

- Establecer una respuesta planificada a las situaciones de emergencia.
- La provisión de formación para la respuesta planificada.
- Las pruebas periódicas y el ejercicio de la capacidad de respuesta planificada con los medios propios y de los servicios de emergencia de la zona.
- La evaluación de desempeño y, cuando sea necesario, la revisión de la respuesta planificada, incluso después de las pruebas y, en particular, después de que ocurran situaciones de emergencia.
- La comunicación de la información pertinente a todos los trabajadores sobre sus deberes y responsabilidades.

### 15.6.1 Funciones

El plan de preparación y respuesta ante emergencias, cuenta con la organización de un grupo de personas, integrantes del personal estable de la empresa, que, según sus conocimientos, entrenamiento y responsabilidad dentro de la organización, deben asumir un rol de acción particular, denominado Rol de Emergencias. Los miembros que integran el Rol de Emergencias, deben actuar en forma coordinada en funciones cuando se declare una emergencia. Entre los roles de acción tenemos, líder de brigada, brigadista de ataque, brigadista auxiliar, brigadista de evacuación, brigadista de comunicaciones.

**Líder de Brigada:** La función de los líderes de brigada, es la de desplegar al grupo de brigadistas, asignando tareas específicas según el desarrollo de la emergencia y actuando de acuerdo a los planes de intervención específicos para cada clase de emergencias. Utilizará todos los recursos disponibles en planta, optimizando su uso y disponibilidad. Permanecerán a disposición del comité de crisis, atento a cambios de estrategia en el manejo de la emergencia. Ante la llegada de grupos externos de apoyo (Bomberos, Defensa Civil, etc.) Colaborarán con estos cuerpos en la atención de la emergencia. Tendrán a su cargo la coordinación de los distintos grupos de brigadas.

**Brigadista de ataque:** Se encontrarán a cargo y bajo la coordinación del líder de brigada. Las funciones serán la de desplegar los medios de extinción, contención de derrames, rescate de víctimas atrapadas, etc. La maniobra de ataque será dirigida únicamente por el líder de brigada o bien quien lo reemplace en calidad de líder de brigada.

**Brigadista Auxiliar:** Se encontrarán a cargo y bajo la coordinación del líder de brigada. Las funciones serán la de colaborar con acciones específicas solicitadas por el líder de brigada.

**Brigadista de Evacuación:** Se encontrarán a cargo y bajo la coordinación del líder de brigadas. Las funciones serán la de evacuar a todo el personal (operarios, contratistas y visitas) de su área cuando se les indique que activen el Rol de Emergencias. También tendrán a su cargo la información al líder de brigada o al comité de crisis sobre la existencia de personal atrapado, víctimas, en el área evacuada, etc.

**Brigadista de Comunicaciones:** Se encontrarán a cargo y bajo la coordinación del comité de crisis y del líder de brigadas. Las funciones serán la de realizar la comunicaciones telefónicas o radiales con los medio externos Bomberos, Defensa Civil, Emergencias Médicas, Policía. Todas las comunicaciones iniciales de solicitud de apoyo externo se realizarán por este medio.

### 15.6.2 Análisis y vulnerabilidad de la empresa

Es el grado de sensibilidad de un sistema ante los riesgos, ya sea que estos estén insertos en el interior o exterior de la planta. La vulnerabilidad de una emergencia depende básicamente de tres factores:

- a) Posibilidad que se produzca una emergencia.

Este factor está relacionado con las medidas preventivas que sean adoptadas y que van dirigidas a evitar dichos eventos tratando de minimizar la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

- b) Factibilidad de propagación de la emergencia.

Este factor está relacionado con las protecciones activas y pasivas, orientándose a minimizar las consecuencias de la emergencia tratando de incidir sobre la gravedad de los eventos.

- c) Dificultad de control de la emergencia.

Este factor está basado en la dificultad que pudiera presentarse cuando las dimensiones y magnitud del evento hacen imposible controlar la emergencia de forma inmediata. Se requerirán medios externos, estrategias especiales con intervención de equipos especiales.

En la confección del plan de emergencia deben considerarse además las siguientes pautas para la evaluación de riesgos:

- Naturaleza (Tipo de emergencia y características del mismo).
- Ubicación (Si es en instalaciones de planta, servicios, depósitos, laboratorio o fuera del perímetro de planta o en industrias vecinas).
- Magnitud (Superficie o equipo afectado).

### **15.6.3 Medidas preventivas adoptadas**

Este punto está relacionado a la planificación de tareas preventivas que hacen al control operacional, instalaciones y entrenamientos del todo el personal y contratistas. Todas estas acciones deben ser realizadas y registradas.

Las inspecciones de planta serán realizadas en forma periódica por el área de higiene y seguridad en conjunto con el área de calidad y el responsable de cada sector, cubriendo todos los sectores de planta. Así mismo, se aplicará mayor frecuencia y control en aquellas áreas de revisten alto riesgo o probabilidad de emergencias.

### **15.6.4 Plan de intervención de emergencias contra incendios**

Los objetivos de este son:

- a) Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.
- b) Asegurar la evacuación de las personas
- c) Controlar a la brevedad la emergencia de modo de salvaguardar la integridad física de las personas y minimizar daños materiales y a la población.
- d) Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.

#### **15.6.3.1 Desarrollo del Plan específico**

Recibida la alarma de emergencias interna de planta (en panel de control), se procederá de la siguiente forma:

El líder de brigada verificara la alarma. Los brigadistas de los distintos grupos se concentrarán en el punto predeterminado y se equiparán con trajes de protección estructural de incendios completos. Por otra parte, el líder tomará conocimiento de la emergencia evaluando en la zona afectada la localización del foco ígneo, clase de fuego (A, B, C), la existencia de víctimas, en este caso ordenará en primera instancia las acciones de los brigadistas Auxiliares, Médico de Planta o Servicio de Emergencias Médicas externa o intervendrá con la propia brigada equipada para este fin, la dimensión del incendio, los equipos afectados, la posibilidad de propagación del mismo.

El líder de brigada ordenará a la brigada auxiliar, realizar cortes de gas y de ser necesario también de energía eléctrica. Según la localización del foco y clase de fuego, el líder de brigada ordena la apertura de la red contra incendios y lograda la extinción del fuego, indicará replugar la brigada, manteniendo una guardia en la zona por lo menos tres horas posteriores a la extinción del foco. La guardia realizará remoción de escombros en búsqueda de focos ígneos arraigados que deban ser extinguidos.

Finalizada la situación de emergencia, y controlada totalmente la misma, el líder de brigada en conjunto al comité de crisis realizará los informes del incidente.

### **15.7 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.

#### **15.7.1 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.

#### **15.7.2 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, 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.

### 15.7.3 Efluentes líquidos

Además de los efluentes líquidos generados por el proceso de producción, los cuales son considerados en el capítulo de control de calidad, 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 (duchas, mingitorios, inodoros, piletas), instalaciones de uso doméstico (lavavajillas, bebederos) e instalaciones de emergencia (duchas de emergencia, lavaojos, piletas de emergencia). Los efluentes líquidos domésticos y cloacales serán enviados directamente a la colectora cloacal del propio parque industrial para su tratamiento, por lo que no se prevé la instalación de una planta de tratamiento para dichos efluentes.

- 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.

# CAPÍTULO XVI

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO



## CAPÍTULO XVI: ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

### 16.1 INTRODUCCIÓN

El análisis económico y financiero de una empresa se utiliza para determinar los costes incurridos y los beneficios resultantes de invertir en un proyecto e implica un enfoque bastante cuantitativo basado en fondos que compara directamente los gastos e ingresos del negocio para determinar la rentabilidad y, por lo tanto, la sostenibilidad. El análisis económico y financiero se encuentra en la encrucijada del trabajo técnico resultante, por un lado, de la ingeniería, la planificación y la toma de decisiones económicas y políticas, por el otro. (School, 2021)

En la preparación de proyectos de inversión en el sector industrial, el estudio económico financiero es uno de los aspectos que encierra mayor complejidad, tanto por la diversidad de conceptos utilizados, como por la cantidad de información requerida. A partir de un estudio técnico, se requiere valorar las inversiones y estimar los ingresos y los costos de operación del proyecto. (Guzmán Castro, 2005)

Concluir un proyecto empresarial requiere de este tipo de estudio para asegurar las grandes inversiones realizadas mediante la recuperación de la misma a través de ingresos. Para la realización del estudio económico financiero se plantean los siguientes objetivos:

- ✓ Estimar la inversión y sus componentes principales, para darle valor al crédito necesario para cubrirlo.
- ✓ Cálculo y análisis de los costos fijos y variables, entre los que se encuentran factores determinantes de la producción como son, costos de materias primas, mano de obra, servicios, financieros, entre otros.
- ✓ Estimar los ingresos anuales por venta de acetato de n-butilo.
- ✓ Determinar el estado de resultados que permite conocer si la empresa luego de cancelar los costos totales e impuestos obtiene utilidades netas positivas.
- ✓ Cálculo de indicadores económicos, VAN, la TIR y el PRI.
- ✓ Realizar un análisis de sensibilidad que permita deducir las condiciones en las que la empresa sigue siendo rentable, dada la variación de las principales variables del proceso productivo.
- ✓ Establecer si el proyecto es viable analizando todos los ítems anteriores.

### 16.2 INVERSIÓN

Las inversiones en un proyecto equivalen a los activos en el balance general del negocio que se creará con la implementación del proyecto; por tanto, las inversiones iniciales y las inversiones posteriores o reinversiones de acuerdo con su naturaleza se clasifican como: Activos fijos; Activos intangibles o nominales y Activos corrientes, a los que comúnmente se les designa como capital de trabajo.

Las inversiones iniciales corresponden a aquellas adquisiciones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto; éstas se pueden dividir, según lo mencionado, en tres grupos que discrimina la figura 16-1.



Imagen 16-1: Clasificación de la inversión. Fuente: Elaboración propia.

### 16.2.1 Activos fijos

Corresponden a todas aquellas adquisiciones que se efectúan en bienes materiales que se emplearán en el proceso productivo, o bien, que se utilizarán como apoyo para la operación normal de la iniciativa. Los activos fijos están compuestos por bienes muebles o inmuebles; por ejemplo, los bienes inmuebles pueden incluir la compra de terrenos y la adquisición o construcción de obras físicas (edificios, salas de venta, vías de acceso, oficinas administrativas, etc.); en cambio, los bienes muebles, tales como: la compra de vehículos, mobiliario, maquinarias y equipos, etc., se utilizarán para equipar las instalaciones del proyecto.

En este caso, es importante considerar que los activos fijos estarán sujetos a depreciación, lo que influirá en el resultado de la evaluación; esto se debe a que la depreciación a pesar de no representar un desembolso de fondos efectivo, afecta el monto de los impuestos a pagar, y con ello el resultado de la evaluación.

Además, es importante destacar que los terrenos no se depreciarán, sino por el contrario, probablemente aumenten su valor de mercado con el tiempo, debido al desarrollo urbano que se produce alrededor del proyecto; a pesar de lo anterior, en algunos casos el valor del terreno disminuirá, lo que puede suceder cuando el terreno disminuye su rendimiento potencial por su uso irracional, o bien, cuando se extingue la provisión de algún suministro en el sector donde se encuentra ubicado el proyecto. (IPLACEX Tecnológico Nacional)

Cabe considerar que las cantidades serán todas expresadas en pesos argentinos asumiendo que:

- Para todos los bienes importados, la cotización del dólar empleada para su conversión a pesos, será la del cierre del día 01 de noviembre de 2021 igual a \$105.00 según el Banco de la Nación Argentina.

- De acuerdo a la ley de IVA (Ley Nacional 23.349), los artículos producidos en nuestro país perciben el 21% de impuesto al valor agregado, mientras que los de producción extranjera tienen una reducción del 50%, es decir, 10,5%.
- El costo del flete de cada bien adquirido, está dado por el 1% del costo total del mismo.

### 16.2.1.1 Obras civiles

La planta de producción de acetato de n-butilo mediante destilación reactiva se encuentra ubicada en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires. Los costos de construcción son tomados de los publicados por COPAIPA Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines. A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 16-1: Obras civiles					
Obras Civiles					
Sector	Dimensiones	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	IVA
Terreno	11580,0	m <sup>2</sup>	4.015	46.493.700	9.763.677
Ala producción (plateas)	45,1	m <sup>2</sup>	2.364	106.645	22.395
Portería	21,0	m <sup>2</sup>	61.696	1.295.615	272.079
Recepción y oficinas	197,1	m <sup>2</sup>	46.476	9.161.132	1.923.838
Sala de reuniones	50,7	m <sup>2</sup>	61.696	3.129.835	657.265
Sanitarios	106,3	m <sup>2</sup>	61.696	6.559.141	1.377.420
Cocina y comedor	56,6	m <sup>2</sup>	61.696	3.491.681	733.253
Vestuarios	106,6	m <sup>2</sup>	61.696	6.579.562	1.381.708
Panel de control	81,8	m <sup>2</sup>	61.696	5.047.344	1.059.942
Servicios auxiliares (plateas)	29,3	m <sup>2</sup>	2.364	69.204	14.533
Planta de agua	35,0	m <sup>2</sup>	43.813	1.533.444	322.023
Laboratorio	81,8	m <sup>2</sup>	61.696	5.047.344	1.059.942
Taller de mantenimiento	90,7	m <sup>2</sup>	43.813	3.974.686	834.684
Estructura de proceso	41,3	m <sup>2</sup>	21.906	903.623	189.761
Piletas de contención	490,4	m <sup>2</sup>	425	208.559	43.797
Estacionamiento	589,0	m <sup>2</sup>	81	47.740	10.025
Calle circulación de camiones	2447,5	m <sup>2</sup>	2.364	5.785.523	1.214.960
<b>TOTAL S/ IVA</b>				<b>99.434.777</b>	<b>20.881.303</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 16.2.1.2 Equipos industriales y accesorios

En la tabla 16-2 se detallan los costos de los equipos y accesorios necesarios para el funcionamiento de la planta. Teniendo en cuenta que son bienes de capital se considera un costo de flete equivalente al 1% del costo total, y además el IVA, el cual corresponde al 10,5 % del costo total.

Tabla 16-2: Equipos industriales y accesorios						
Tag.	Tipo	Precio Unitario	Costo Total	Flete y gastos de compra	Costo total puesto en fábrica	I.V.A.
T-01	Tanque	2.499.492	2.499.492	24.995	2.524.487	265.071
T-02	Tanque	4.585.050	4.585.050	45.851	4.630.901	486.245
T-03	Tanque	1.051.635	1.051.635	10.516	1.062.151	111.526
T-04	Tanque	9.127.664	9.127.664	91.277	9.218.941	967.989
T-05	Tanque	293.598	293.598	2.936	296.534	31.136
T-06	Tanque	739.215	739.215	7.392	746.607	78.394
T-07	Tanque	163.110	163.110	1.631	164.741	17.298
E-01	Intercambiador	225.000	225.000	2.250	227.250	23.861
E-02	Intercambiador	240.000	240.000	2.400	242.400	25.452
E-03	Intercambiador	300.000	300.000	3.000	303.000	31.815
E-04	Intercambiador	300.000	300.000	3.000	303.000	31.815
E-05	Intercambiador	45.000	45.000	450	45.450	4.772
D-01	Decantador	41.038	41.038	410	41.448	4.352
C-01	Columna	18.500.000	18.500.000	185.000	18.685.000	1.961.925
ME-01	Mez. estático	15.000	15.000	150	15.150	1.591
P-01	Bomba	63.999	63.999	640	64.639	6.787
P-02	Bomba	63.999	63.999	640	64.639	6.787
P-03	Bomba	58.760	58.760	588	59.348	6.231
P-04	Bomba	135.487	135.487	1.355	136.842	14.368
P-05	Bomba	89.709	89.709	897	90.606	9.514
P-06	Bomba	185.487	185.487	1.855	187.342	19.671
P-07	Bomba	95.497	95.497	955	96.452	10.127
P-08	Bomba	98.306	98.306	983	99.289	10.425
P-10	Bomba	265.820	265.820	2.658	268.478	28.190
P-11	Bomba	105.407	105.407	1.054	106.461	11.178
P-12	Bomba	105.407	105.407	1.054	106.461	11.178
CT-01	Torre de enfr.	36.764	110.292	1.103	111.395	11.696
SG-01	Caldera	4.725.000	4.725.000	47.250	4.772.250	501.086
<b>TOTAL EQUIPOS</b>			<b>44.228.972</b>	<b>442.290</b>	<b>44.671.262</b>	<b>4.690.483</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 16.2.1.3 Mobiliarios y elementos de oficina

En este apartado se consideran aquellos elementos que, sin estar vinculados en forma directa con el proceso productivo, son indispensables para el desarrollo de este. Entre ellos podemos mencionar computadoras de mesa, escritorios de oficinas y recepción, mesa de conferencias, sillas tanto para oficinas, laboratorio, panel de control y comedor, armarios, televisor, proyector, y el equipamiento necesario para la cocina y comedor, como lo son heladera y microondas. Dado que todos estos artículos son producidos en Argentina, al precio unitario se le adiciona el 21 % de IVA.

Se expone en la siguiente tabla el total de la inversión correspondiente.

Activo fijo	Total	IVA
Muebles y útiles	252.781	53.084

Fuente: Elaboración propia.

#### 16.2.1.4 Rodados

El proceso productivo no implica el traslado de grandes elementos y/o insumos, es por ello que se adquiere un transpaleta para operar en el taller de mantenimiento en el traslado de equipos en reparación, tuberías y demás artículos, y para transportar insumos a la zona de producción y el laboratorio que no puedan ser llevados por esfuerzo humano. En la siguiente tabla se detallan los costos de estos.

Activo fijo	Total	IVA
Rodados	47.900	10.059

Fuente: Elaboración propia.

#### 16.2.1.5 Resumen de activos fijos

A continuación, se muestra un resumen de los activos fijos descritos anteriormente, y a modo de visualizar el porcentaje que cada uno de estos representa en el total se muestra el gráfico 16-1.

ACTIVOS FIJOS	Costo (\$)	% del Total
Terrenos e infraestructura	46.600.345	32,27
Instalaciones industriales y auxiliares	52.834.432	36,59
Equipos	44.228.972	30,63
Transporte de equipos	442.290	0,31
Rodados	47.900	0,03
Muebles y útiles	252.781	0,18
<b>TOTAL</b>	<b>144.406.720</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

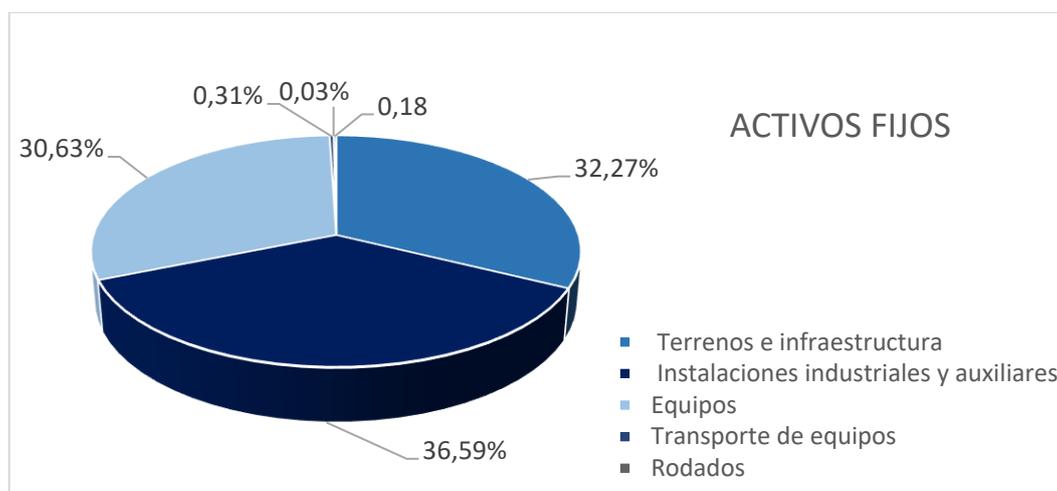


Gráfico 16-1: Activos fijos. Fuente: Elaboración propia.

### 16.2.2 Activos nominales –Rubros asimilables

Son aquellos desembolsos realizados en activos intangibles necesarios para la operación y puesta en marcha del proyecto, tales como: patentes, licencias, gastos de capacitación, organización e imprevistos. Los gastos de patentes y licencias son aquellos derechos que permiten el funcionamiento del proyecto, tales como patentes municipales, licencias generales o autorizaciones notariales; así como también aquellos derechos que permiten la utilización de una marca, fórmula o proceso de producción.

Los gastos de capacitación son desembolsos que tienen como finalidad preparar al personal en la realización de sus funciones antes de la puesta en marcha del proyecto, lo cual permitirá desarrollar sus habilidades y conocimientos para el puesto que ocuparán. Los gastos de organización son aquellos desembolsos originados por la implementación de sistemas de información y comunicación requeridos, gastos legales por concepto de constitución de la empresa, procedimientos administrativos, etc.

Además, se debe considerar que las inversiones nominales son susceptibles de amortizar, lo cual afectará el flujo de caja proyectado, y, por ende, el resultado de la evaluación. Lo anterior se origina producto de la disminución en la renta imponible que origina la amortización, lo que afectará el pago de impuestos. (IPLACEX Tecnológico Nacional)

En la tabla 16-6 se detallan los montos correspondientes a cada uno de los activos nominales y en el gráfico 16-2 se representan sus porcentajes. Para el cálculo de los mismos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Automatización: 5% del total de las instalaciones industriales y equipamientos.
- Montaje e instalaciones de equipos: 7% del total de las instalaciones industriales y equipamientos.
- Ingeniería de proyecto: 5% del total de activos fijos.
- Investigación y estudios de ingeniería: 2% del total de las instalaciones industriales y equipamientos.
- Gastos de capacitación: 1% del total de las instalaciones industriales y equipamientos.
- Gastos de puesta en marcha: Se calcula en base al costo total del proceso.
- Gastos de seguros: 1% del total de activos fijos.
- Otros e imprevistos: 2% del total de activos fijos.

RUBROS ASIMILABLES	Costo (\$)	% del Total
Automatización	4.853.170	16,66
Montaje e instalación de equipos	6.794.438	23,33
Ingeniería de proyecto	7.220.336	24,79
Investigaciones y estudios de Ingeniería	1.943.401	6,67
Gastos de capacitación	971.700	3,34
Gastos de puesta en marcha	3.007.941	10,33
Seguros	1.444.067	4,96
Otros e imprevistos	2.888.134	9,92
<b>TOTAL</b>	<b>29.123.189</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

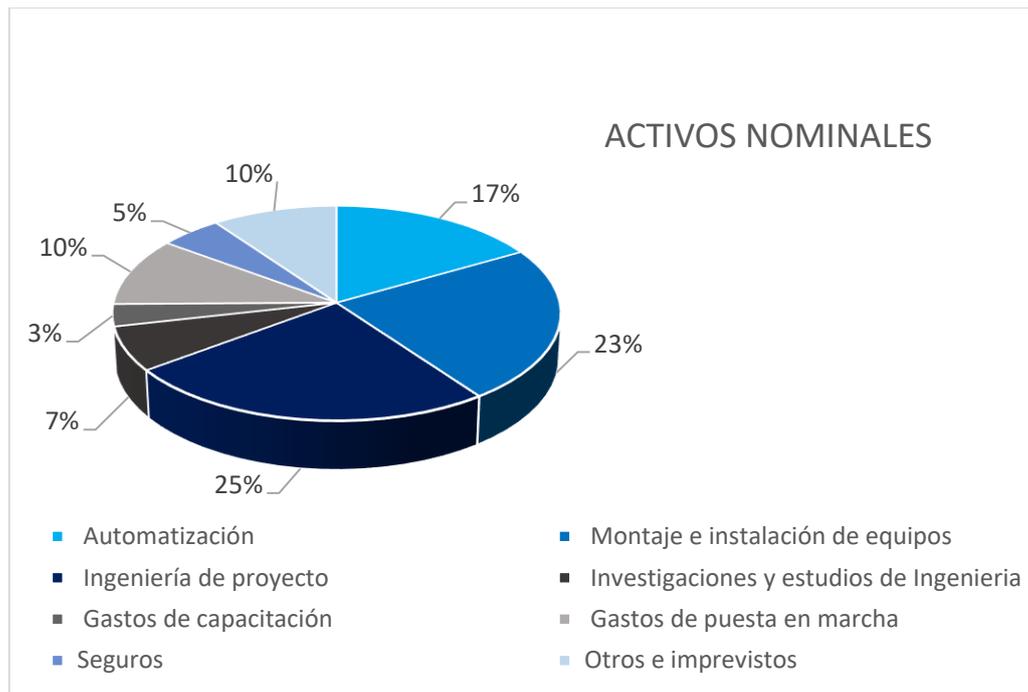


Gráfico 16-2: Activos nominales. Fuente: Elaboración propia.

### 16.2.3 Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde al conjunto de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, para una capacidad y tamaño determinados. (IPLACEX Tecnológico Nacional)

Desde el punto de vista práctico, está representado por el capital adicional (distinto de la inversión de activo fijo y diferido) con que hay que contar para que empiece a funcionar una empresa; financiando la primera producción antes de que comience a generar ingresos. Se toma un ciclo productivo de 3 días.

Aunque el capital de trabajo también es una inversión inicial, tiene una diferencia con respecto a los anteriores activos nombrados, y radica en la naturaleza circulante. Mientras que la inversión fija y nominal pueden recuperarse mediante depreciación y amortización, la inversión de capital no puede.

Inversión en activos de trabajo	Costo (\$)
Inversión en activos de trabajo	3.007.941

Fuente: Elaboración propia.

### 16.2.4 Inversión necesaria

Una vez que se cuenta con todos los datos anteriores, se puede calcular la inversión necesaria para iniciar el proyecto y comenzar con la actividad. El capital se obtiene a través de financiación externa.

CAPITAL DE TRABAJO	Costo (\$)	% del Total
Activos fijos	144.406.720	69,31
Activos nominales	29.123.189	13,98
Inversión en activos de trabajo	3.007.941	1,44
IVA - 21%	27.153.197	13,03
IVA - 10,5%	4.644.042	2,23
<b>TOTAL</b>	<b>208.335.089</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

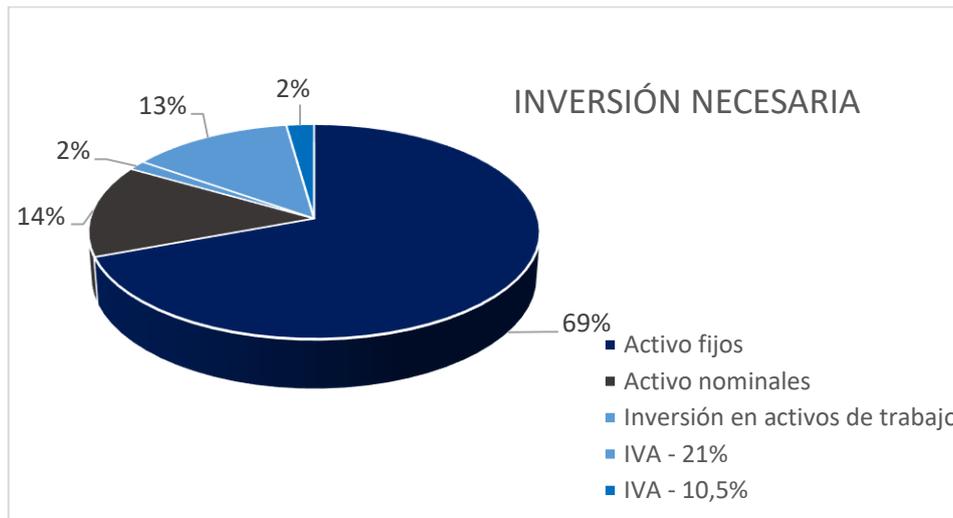


Gráfico 16-3: Inversión necesaria. Fuente: Elaboración propia.

### 16.3 COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN

Los costos son todos aquellos gastos en los que incurre una empresa para realizar una tarea, un trabajo o un proyecto determinado. Las dos principales clases de costos que se conocen son los costos directos e indirectos. (School, 2021)

#### 16.3.1 Costos directos de producción

Los costos directos son los que guardan una relación estrecha con el producto, proyecto o servicio. De hecho, se establecen desde las primeras fases de producción y suelen reflejarse en los presupuestos o estimaciones de costos, es decir, son costos que se asocian de forma directa a la elaboración y terminación de un producto. También es un costo que incide en una actividad única, siendo proporcional al producto, por lo que es fácilmente asignable y cuantificable. (School, 2021)

##### 16.3.1.1 Materias primas

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo unitario (\$/u)	Costo total (\$)
Ácido acético	2109,32	tn	31.500	66.443.580
n-Butanol	5207,06	tn	40.425	210.495.401

Fuente: Elaboración propia.

### 16.3.1.2 Insumos

Insumos	Cantidad	Unidad	Costo unitario (\$/u)	Costo total (\$)
Catalizador	70	litros	1260	88200

Fuente: Elaboración propia.

### 16.3.1.3 Mano de obra directa

Incluye aquellas personas que trabajan en relación directa con el proceso de producción. El importe que se paga por hora se establece en base al Convenio Colectivo de Trabajo N°123/90. El valor del costo total anual de MO directa incluye las cargas sociales y el aguinaldo.

Sector	Cargo	Cantidad de personal	Remuneración Mensual	Aguinaldo	Cargas Sociales	Costo Anual
Producción	Jefe turno	8	328,67	640.687	3.748.021	12.076.957
Producción	Operario	4	280,07	272.975	1.474.064	5.022.738
Producción	Panelistas	4	303,39	295.704	1.596.802	5.440.956
<b>Total</b>						<b>22.540.651</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 16.3.1.4 Servicios auxiliares

Dentro de este ítem se encuentra el gas, la electricidad y el costo del servicio del tratamiento de efluentes, el cual queda a disposición del parque industrial. El gas es distribuido por la empresa Naturgy Argentina, el consumo se calcula en función de la tarifa y se toma constante en la semana. La electricidad suministrada por la Cooperativa Eléctrica de Zárate, se aplican las tarifas correspondientes que se adjuntan en la siguiente tabla.

Servicio	Consumo	Unidad de consumo	Costo unitario	Costo total
Energía Eléctrica	187.183	kWh	8	1.485.857
Gas	499.554	m <sup>3</sup>	10	4.745.763
Efluente tercerizado	1.313	m <sup>3</sup>	100.000	57.758.800
<b>Total</b>				<b>63.990.420</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 16.3.1.5 Resumen de costos directos de producción

A continuación, se resumen los costos directos referidos a la producción de Acetato de n-butilo, en el transcurso de un año con su porcentaje correspondiente.

Costos directos de producción	Costo total	%
Materias primas	276.938.981	76,17
Insumos	88.200	0,02
Mano de obra directa	22.540.651	6,20
Servicios auxiliares	63.990.420	17,60
<b>Total</b>	<b>363.558.252</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

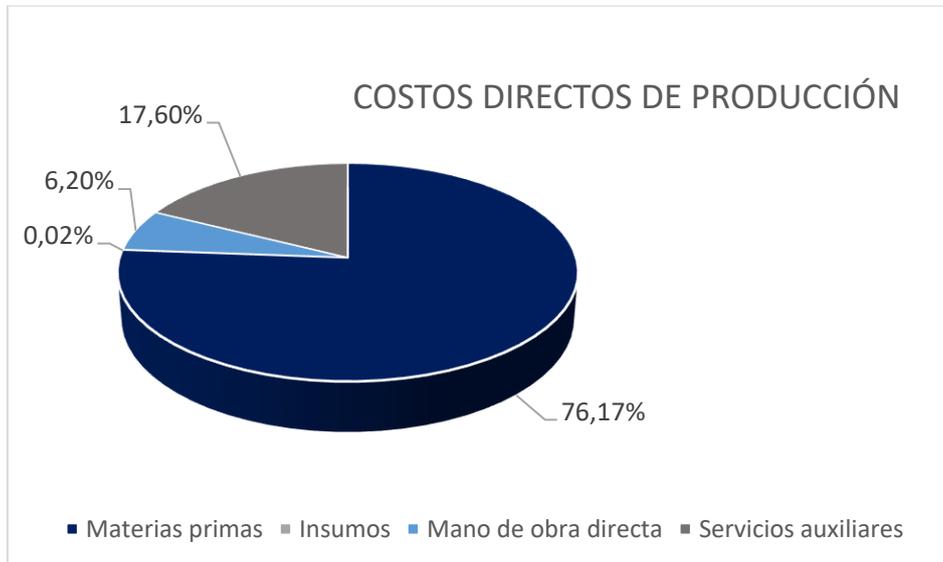


Gráfico 16-4: Costos directos de producción. Fuente Elaboración propia.

### 16.3.2 Costos indirectos de producción

Los costos indirectos son los que se relacionan de manera tangencial con los proyectos o las tareas previstas. Es decir, no son aplicables a un producto específico. El costo indirecto puede incidir en varias actividades o departamentos de la empresa, de ahí que sea complejo cuantificar y asignar, puesto que no se incorpora de forma física al producto finalizado, aunque sí es parte del proceso productivo. (School, 2021)

#### 16.3.2.1 Mano de obra indirecta

Se puede clasificar en tres categorías: la MO indirecta afectada a producción, personal comercial, personal administrativo y jerárquico. Se muestran a continuación los diferentes costos y luego el valor total referido a ello.

Tabla 16-11: Mano de obra indirecta						
Área/Sector	Cargo	Cantidad de personal	Remuneración Mensual	Aguinaldo	Cargas Sociales	Costo Anual
<b>Afectado a Producción</b>						
Mantenimiento	Mecánico	4	68.244	272.975	1.596.903	5.145.576
Mantenimiento	Eléctrico	4	68.244	272.975	1.596.903	5.145.576
Logística	Operarios	4	64.500	258.000	1.509.300	4.863.300
HyS	Técnicos HyS	2	68.244	136.487	798.452	2.572.788
Calidad	Analista de laboratorio	4	68.244	272.975	1.596.903	5.145.576
<b>Administrativo y Jerárquico</b>						
Gerente		1	75.351	75.351	440.806	1.420.374
Contador		1	56.529	56.529	330.693	1.065.568
Recursos Humanos		1	56.529	56.529	330.693	1.065.568
Jefaturas		6	65.913	395.476	2.313.532	7.454.714
<b>Total mano de obra indirecta</b>			<b>33.879.041</b>			

Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen se muestran el total de costos indirectos relacionados a la producción.

Tabla 16-12: Resumen de costos indirectos de producción		
Categoría	Costo (\$)	Porcentaje del total (%)
Afectado a Producción	22.872.818	67,51
Administrativo y Jerárquico	11.006.224	32,49
<b>Total</b>	<b>33.879.041</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

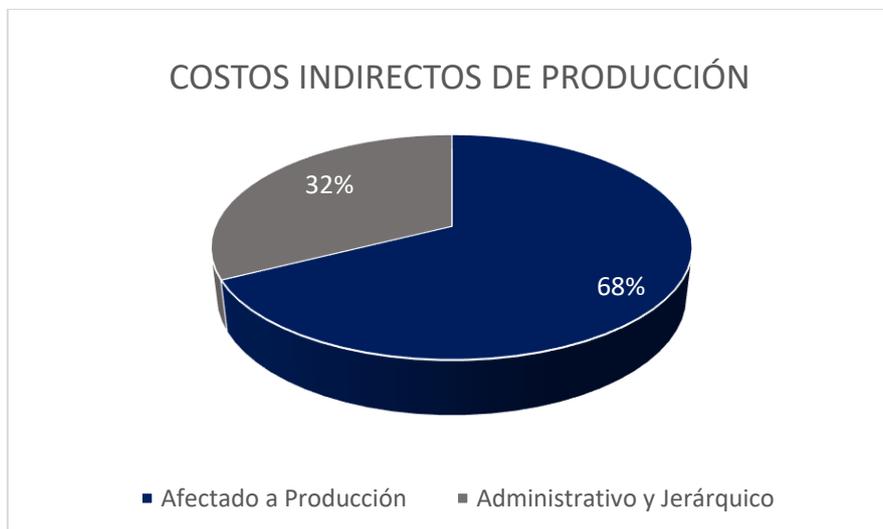


Gráfico 16-5: Costos indirectos de producción. Fuente: Elaboración propia.

### 16.3.3 Costos fijos indirectos

#### 16.3.3.1 Amortización y depreciaciones

La amortización es la distribución de un gasto o inversión en un determinado periodo de tiempo. La depreciación es el reconocimiento contable del activo que se deprecia o pierde valor en el transcurso de un periodo de tiempo debido a su desgaste natural. La depreciación

hace referencia por lo general a los activos fijos, en tanto la amortización suele hacer referencia a los activos intangibles y a los diferidos. La depreciación es el reconocimiento del desgaste de un activo y ello implica que ese activo pierde valor, de modo que hay que restar el valor del desgaste al activo, pues se reconoce que cada vez vale menos. (GERENCIE.COM, 2021)

Categoría	Inversión	Tasa (%)	Depreciación / amortización anual (\$)
Terrenos	46.493.700	3,3	1.549.790
Infraestructura	106.645	10,0	10.665
Instalaciones industriales y auxiliares	52.834.432	10,0	5.283.443
Equipos nuevos	44.228.972	5,0	2.211.449
Rodados	47.900	20,0	9.580
Muebles y útiles	252.781	20,0	50.556
<b>Total</b>			<b>9.115.482</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 16.3.3.2 Seguros e impuestos

El impuesto es un tributo o carga que las personas están obligadas a pagar a alguna organización sin que exista una contraprestación directa. Esto es, sin que se le entregue o asegure un beneficio directo por su pago. Por su parte, El seguro es un contrato que permite cubrir una contingencia pagando por ello una prima (el asegurado) a la compañía aseguradora o reaseguradora. (Economipedia, 2021)

La Ley N° 13.656 de Promoción Industrial de la Provincia de Buenos Aires, otorgan a las empresas que se radiquen en Parque industriales, importantes beneficios y exenciones impositivas de hasta el 100% de los impuestos provinciales, por un período de hasta 10 años:

- El impuesto a los ingresos brutos.
- El impuesto inmobiliario.
- El impuesto de sellos.

### 16.4 COSTOS GENERALES

Los costos generales son costos o gastos administrativos que están relacionados con una operación o con la compañía como unidad, no forman parte integrante de una mercancía o servicio (a diferencia de las materias primas o la mano de obra directa) y no se pueden aplicar ni realizar el seguimiento en ninguna unidad de salida específica

Los costos generales son aquellos gastos necesarios para el funcionamiento de la empresa, pero que no se pueden atribuir directamente a una actividad, producto o servicio específicos de la empresa. Los costos generales no llevan directamente a la generación de beneficios.

### 16.5 INGRESO POR VENTAS

El proyecto se plantea para veinte años, motivo por el cual, la tabla 16-14 describe todos los ingresos por venta, desde el año 1 hasta el año 10. Es el periodo de tiempo dónde el ritmo de producción queda determinado por volúmenes diferentes de producción para cada año, dónde

este se va incrementando hasta alcanzar la capacidad máxima correspondiente a la capacidad instalada en 2031.

Tomando como referencia lo publicado en los diferentes portales de comercio electrónico, el costo de la tonelada de acetato de n-butilo de elevada pureza es de \$98.000. Siendo el acetato, el único producto que genera ingreso de ventas, se discrimina el ingreso anual por ventas para los primeros diez años.

Año	Ingreso (\$)
1	695.784.320
2	706.487.880
3	717.191.440
4	727.895.000
5	735.598.560
6	749.302.120
7	760.005.680
8	770.709.240
9	781.412.800
10 a 20	792.116.360
<b>Total</b>	<b>14.565.550.640</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 16.6 FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

La financiación o financiamiento es el proceso por el cual una persona o empresa capta fondos. Así, dichos recursos podrán ser utilizados para solventar la adquisición de bienes o servicios, o para desarrollar distintos tipos de inversiones. La financiación corresponde entonces a la obtención de dinero que puede ser destinado, por ejemplo, al presupuesto de una obra o proyecto. Igualmente, puede servir para pagar a proveedores o empleados. (Economipedia, 2021)

Este proyecto, se financia a través de capital aportado por el Banco de la Nación Argentina con una tasa nominal anual (TNA) del 50% y se adopta el sistema de amortización francés. El sistema de amortización francés es aquel mediante el cual el prestatario se compromete a pagar cuotas periódicas constantes, que incluyen capital e intereses. (Economipedia, 2021). La ecuación 16-1 denota la forma de cálculo del valor de la cuota.

$$Cuota = \frac{\frac{TNA}{100}}{1 - \left(1 + \frac{TNA}{100}\right)^{-n}} * INV \quad Ec(16 - 1)$$

Dónde:

n: Número de cuotas. 20 para este caso.

INV: Inversión total del proyecto.

En resumen, la tabla 16-15 muestra la amortización del sistema francés para los números que le corresponden a este proyecto.

Tabla 16-15: Pago anual de cuotas por el sistema francés

Cuota	Capital	Interés	I.V.A.	Seguro	Cuota
1	31.335,6	104.167.544,4	21.875.184,3	312.502,6	126.386.567,0
2	47.003,4	104.151.876,6	21.871.894,1	312.455,6	126.383.229,7
3	70.505,1	104.128.374,9	21.866.958,7	312.385,1	126.378.223,9
4	105.757,6	104.093.122,4	21.859.555,7	312.279,4	126.370.715,1
5	158.636,4	104.040.243,6	21.848.451,2	312.120,7	126.359.451,9
6	237.954,6	103.960.925,4	21.831.794,3	311.882,8	126.342.557,1
7	356.931,9	103.841.948,1	21.806.809,1	311.525,8	126.317.214,9
8	535.397,9	103.663.482,1	21.769.331,2	310.990,4	126.279.201,7
9	803.096,9	103.395.783,1	21.713.114,5	310.187,3	126.222.181,8
10	1.204.645,3	102.994.234,7	21.628.789,3	308.982,7	126.136.652,0
11	1.806.968,0	102.391.912,0	21.502.301,5	307.175,7	126.008.357,3
12	2.710.452,0	101.488.428,0	21.312.569,9	304.465,3	125.815.915,2
13	4.065.678,0	100.133.202,0	21.027.972,4	300.399,6	125.527.252,0
14	6.098.517,0	98.100.363,0	20.601.076,2	294.301,1	125.094.257,3
15	9.147.775,5	95.051.104,5	19.960.732,0	285.153,3	124.444.765,3
16	13.721.663,2	90.477.216,8	19.000.215,5	271.431,7	123.470.527,2
17	20.582.494,8	83.616.385,2	17.559.440,9	250.849,2	122.009.170,0
18	30.873.742,2	73.325.137,8	15.398.278,9	219.975,4	119.817.134,4
19	46.310.613,3	57.888.266,7	12.156.536,0	173.664,8	116.529.080,8
20	69.465.920,0	34.732.960,0	7.293.921,6	104.198,9	111.597.000,5
<b>Total</b>		<b>1.875.642.511,2</b>	<b>393.884.927,4</b>	<b>5.626.927,5</b>	<b>2.483.489.455,0</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 16.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica constituye la parte final de toda una secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual, una vez concentrada toda la información generada en los capítulos anteriores, se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada y su probable rendimiento durante su vida útil.

Especialmente, en los proyectos de carácter lucrativo, la parte que corresponde a la evaluación económica es fundamental; puesto que con los resultados que de ella se obtienen, se toma la decisión de llevar a cabo o no la realización de un proyecto determinado.

### 16.7.1 Estado de resultados

El Estado de resultados es un estado financiero básico en el cual se presenta información relativa a los logros alcanzados por la administración de una empresa durante un periodo determinado; asimismo, hace notar los esfuerzos que se realizaron para alcanzar dichos logros. Debe mostrar la información relacionada con las operaciones de una entidad lucrativa en un periodo contable mediante un adecuado enfrentamiento de los ingresos con los costos y gastos relativos, para así determinar la utilidad o pérdida neta del periodo, la cual forma parte del capital ganado de esas entidades.

El Estado de resultados es un estado financiero dinámico porque proporciona información que corresponde a un periodo y presenta de manera detallada la forma en que se obtiene la

utilidad o pérdida en una empresa. A este estado también se le conoce como estado de pérdidas y ganancias.

El objetivo del Estado de resultados es medir los logros alcanzados y los esfuerzos desarrollados por la empresa durante el periodo que se presenta, y éste en combinación con los otros estados financieros básicos podrá:

- Evaluar la rentabilidad de la empresa.
- Estimar su potencial de crédito.
- Estimar la cantidad, el tiempo y la certidumbre de un flujo de efectivo.
- Evaluar el desempeño de la empresa.
- Medir riesgos.
- Repartir dividendos.

El estado de resultados para este proyecto, comprende un período de tiempo igual a 20 años y es detallado en la tabla 16-16.

Tabla 16-16: Estado de resultados del año 1 al 4.				
	AÑO I	AÑO II	AÑO III	AÑO IV
Ingresos por ventas	695.784.320,0	706.487.880,0	717.191.440,0	727.895.000,0
-Costo producción	365.966.204,3	370.573.050,5	375.181.088,6	379.789.126,7
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>329.818.115,7</b>	<b>335.914.829,5</b>	<b>342.010.351,4</b>	<b>348.105.873,3</b>
-Gastos administrativos	1.829.831,0	1.852.865,3	1.875.905,4	1.898.945,6
-Gastos comerciales	365.966,2	370.573,1	375.181,1	379.789,1
-Gastos financieros	126.386.567,0	126.383.229,7	126.378.223,9	126.370.715,1
-Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	<b>192.120.269,0</b>	<b>198.192.678,9</b>	<b>204.265.558,5</b>	<b>210.340.941,0</b>
Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
-Impuesto a las Ganancias	70.432.513,0	72.557.856,5	74.683.364,3	76.809.748,2
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>130.803.238,5</b>	<b>134.750.304,9</b>	<b>138.697.676,6</b>	<b>142.646.675,2</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
PRODUCCIÓN	7.099,8	7.209,1	7.318,3	7.427,5
Costo de Fabricación	51.545,7	51.403,8	51.266,3	51.132,8
Costo final	69.656,3	69.243,4	68.842,7	68.453,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16-16: Estado de resultados del año 5 al 8.				
	AÑO V	AÑO VI	AÑO VII	AÑO VIII
Ingresos por ventas	738.598.560,0	749.302.120,0	760.005.680,0	770.709.240,0
-Costo de producción	384.397.164,8	389.005.202,9	393.613.241,0	398.221.279,0
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>354.201.395,2</b>	<b>360.296.917,1</b>	<b>366.392.439,0</b>	<b>372.487.961,0</b>
-Gastos administrativos	1.921.985,8	1.945.026,0	1.968.066,2	1.991.106,4
-Gastos comerciales	384.397,2	389.005,2	393.613,2	398.221,3
-Gastos financieros	126.359.451,9	126.342.557,1	126.317.214,9	126.279.201,7
-Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	<b>216.420.077,8</b>	<b>222.504.846,3</b>	<b>228.598.062,2</b>	<b>234.703.949,1</b>
Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
-Impuesto a las Ganancias	78.937.446,1	81.067.115,1	83.199.740,6	85.336.801,1
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>146.598.114,2</b>	<b>150.553.213,7</b>	<b>154.513.804,0</b>	<b>158.482.630,5</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
Costo de Fabricación	51.003,2	50.877,4	50.755,0	50.636,1
Costo final	68.075,1	67.706,8	67.347,7	66.997,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16-16: Estado de resultados del año 9 al 12.				
	AÑO IX	AÑO X	AÑO XI	AÑO XII
Ingresos por ventas	781.412.800,0	792.116.360,0	792.116.360,0	792.116.360,0
-Costo de producción	402.829.317,1	407.437.355,2	407.437.355,2	407.437.355,2
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>378.583.482,9</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>
-Gastos administrativos	2.014.146,6	2.037.186,8	2.037.186,8	2.037.186,8
-Gastos comerciales	402.829,3	407.437,4	407.437,4	407.437,4
-Gastos financieros	126.222.181,8	126.136.652,0	126.008.357,3	125.815.915,2
-Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	<b>240.828.842,7</b>	<b>246.982.246,2</b>	<b>247.110.540,9</b>	<b>247.302.983,0</b>
Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
-Impuesto a las Ganancias	87.480.513,8	89.634.205,0	89.679.108,2	89.746.462,9
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>162.463.811,4</b>	<b>166.463.523,6</b>	<b>166.546.915,2</b>	<b>166.672.002,6</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
Costo de Fabricación	50.520,4	50.407,8	50.407,8	50.407,8
Costo final	66.653,5	66.315,8	66.299,9	66.276,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16-16: Estado de resultados del año 13 al 16.				
	AÑO XIII	AÑO XIV	AÑO XV	AÑO XVI
Ingresos por ventas	792.116.360,0	792.116.360,0	792.116.360,0	792.116.360,0
-Costo de producción	407.437.355,2	407.437.355,2	407.437.355,2	407.437.355,2
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>
-Gastos administrativos	2.037.186,8	2.037.186,8	2.037.186,8	2.037.186,8
-Gastos comerciales	407.437,4	407.437,4	407.437,4	407.437,4
-Gastos financieros	125.527.252,0	125.094.257,3	124.444.765,3	123.470.527,2
-Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	<b>247.591.646,1</b>	<b>248.024.640,8</b>	<b>248.674.132,9</b>	<b>249.648.371,0</b>
Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
-Impuesto a las Ganancias	89.847.495,0	89.999.043,2	90.226.365,4	90.567.348,7
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>166.859.633,6</b>	<b>167.141.080,2</b>	<b>167.563.250,0</b>	<b>168.196.504,8</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
Costo de Fabricación	50.407,8	50.407,8	50.407,8	50.407,8
Costo final	66.240,4	66.186,8	66.106,5	65.985,9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16-16: Estado de resultados del año 17 al 20				
	AÑO XVII	AÑO XVIII	AÑO XIX	AÑO XX
Ingresos por ventas	792.116.360,0	792.116.360,0	792.116.360,0	792.116.360,0
-Costo de producción	407.437.355,2	407.437.355,2	407.437.355,2	407.437.355,2
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>	<b>384.679.004,8</b>
-Gastos administrativos	2.037.186,8	2.037.186,8	2.037.186,8	2.037.186,8
-Gastos comerciales	407.437,4	407.437,4	407.437,4	407.437,4
-Gastos financieros	122.009.170,0	119.817.134,4	116.529.080,8	111.597.000,5
-Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	<b>251.109.728,1</b>	<b>253.301.763,8</b>	<b>256.589.817,4</b>	<b>261.521.897,7</b>
Depreciación-Amortización	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5	9.115.482,5
-Impuesto a las Ganancias	91.078.823,7	91.846.036,2	92.996.855,0	94.723.083,1
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>169.146.386,9</b>	<b>170.571.210,1</b>	<b>172.708.444,9</b>	<b>175.914.297,1</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>				
Costo de Fabricación	50.407,8	50.407,8	50.407,8	50.407,8
Costo final	65.805,1	65.533,9	65.127,2	64.517,0

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar, qué interviene en el estado de resultados, dejando en claro alguno de los conceptos.

- **INGRESO POR VENTAS:** Corresponden a los importes de facturación recibidos por la venta de bienes en un período dado.
- **COSTO DE PRODUCCIÓN DE LO VENDIDO:** Cuando una empresa fabrica un bien, el proceso productivo genera unos costes conforme este avanza. Éstos se componen principalmente de la mano de obra atribuible a la producción, el costo de los materiales

empleados y de los gastos generales que genera el proceso productivo. Dicho de otra manera, es lo que le cuesta a la empresa producir ese bien.

- **RESULTADO OPERATIVO:** Es la diferencia entre ingresos por ventas y coste de ventas, indicando que gana la empresa, en bruto, con el producto vendido.
- **FLUJO NETO EFECTIVO:** Es la diferencia matemática entre los ingresos y gastos en efectivo de cada período. El flujo de efectivo es el informe financiero, pero el flujo neto es la cantidad de dinero que resulta al final de un período determinado.
- **IMPUESTO A LAS GANANCIAS:** Se considera el 35% de la utilidad antes del impuesto.

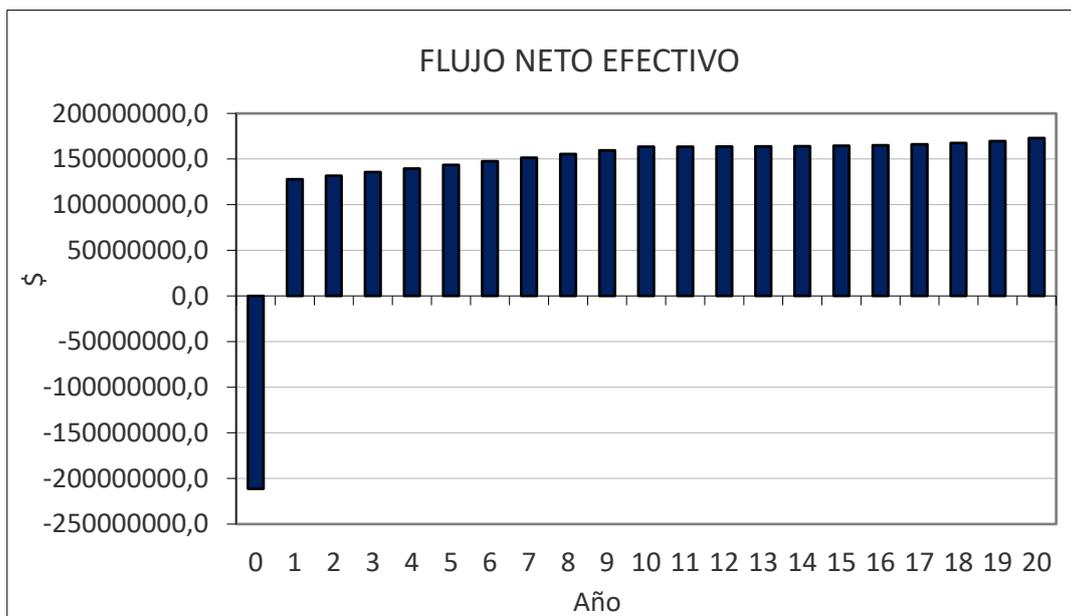


Gráfico 16-6: Flujo neto efectivo. Fuente: Elaboración propia.

### 16.7.2 Indicadores económicos

Cuando se enfrenta al reto de realizar nuevas inversiones, es necesario conocer de antemano las posibilidades de éxito, la rentabilidad, los beneficios que traerá y la viabilidad del proyecto que se pretende iniciar. Para ello se cuenta con la ayuda de los indicadores financieros. El VAN y TIR, (Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno) respectivamente, son dos indicadores financieros que permiten analizar, de una forma segura, el posible proyecto de inversión y siempre ayudará a disipar con información precisa, esas dudas frecuentes.

VAN y TIR son dos conceptos que, aunque muy similares entre sí mantienen diferencias que los identifican y a la vez los complementan para cumplir su función. Esta función consiste en determinar el beneficio y la rentabilidad que todo nuevo proyecto reportará, una vez hecha la inversión. Con el análisis de parámetros como flujo de caja y términos de tiempo, estos dos indicadores brindan una importante visión de las posibilidades de éxito del nuevo proyecto. (Economía, 2021)

Por otra parte, el PRI (Período de Recuperación de la Inversión) también es un indicador, de naturaleza diferente a los dos primeros, pero tan útil como los mismos. No está estrictamente vinculada a la predicción de éxito del proyecto.

### 16.7.2.1 Valor Actual Neto

El VAN es el acrónimo del Valor Actual Neto, también conocido como Valor Presente Neto (VPN). Es uno de los indicadores financieros para valorar y determinar la viabilidad y la rentabilidad de un proyecto de inversión, más conocidos y utilizados. Se determina mediante la actualización de los flujos de gastos e ingresos futuros del proyecto, menos la inversión inicial. Si el resultado de esta operación es positivo, es decir, si refleja ganancia se puede decir que el proyecto es viable.

De esta manera una empresa está en posición de evaluar desde el inicio y con proyección a futuro, la viabilidad de su proyecto y los resultados de su inversión. El VAN permite conocer la posible rentabilidad a través de una fórmula matemática. En esta fórmula se utilizan los valores de los flujos de caja (ingresos y egresos de efectivo) descontándolos a una tasa de interés determinada y sus resultados son expresados en términos de unidades de valor monetario. La ecuación 16-2, representa la forma de cálculo del VAN. (Economía, 2021)

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_n}{(1 + TMAR)^n} \quad Ec(16 - 2)$$

Dónde:

$I_o$ : Inversión inicial.

n: Período de tiempo.

FNE: Flujo neto efectivo para cada período.

TMAR: Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento. Corresponde a la rentabilidad mínima que un inversionista espera obtener de una inversión y en este caso particular se toma el 50%, correspondiente a la tasa anual impuesta por la entidad financiera para el crédito solicitado.

Considerando que un VAN debe ser positivo para indicio de buenos resultados, cabe destacar que si:

- VAN > 0, el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generara beneficios.
- VAN = 0, el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- VAN < 0, generará pérdidas por lo que tendrá que ser rechazado dicho propósito.

### 16.7.2.2 Tasa Interna de Retorno

TIR o Tasa Interna de Retorno es uno de los métodos de evaluación de proyectos de inversión más recomendables. Se utiliza frecuentemente para analizar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que se puede obtener de dicha inversión. Estrechamente ligado al VAN, el TIR también es definido como el valor de la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, para un determinado proyecto de inversión. Su resultado viene expresado en valor porcentual.

Es sumamente confiable cuando la empresa quiere determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión. La TIR utiliza el flujo de caja neto proyectado y el monto de la inversión del proyecto. En conclusión, TIR es el porcentaje de beneficio o pérdida que se puede obtener de una inversión y se puede calcular a través de la ecuación 16-3

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_n}{(1 + TIR)^n} \quad Ec(16 - 3)$$

Debido al estricto vínculo que existe entre el VAN y la TIR, se puede establecer la siguiente regla:

- $TIR > TMAR$ , el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que se obtiene es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida.
- $TIR = TMAR$ , se está en una situación similar como cuando  $VAN=0$ . La inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- $TIR < TMAR$ , el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que se le pide a la inversión.

El VAN y la TIR son dos indicadores de valor muy útiles para determinar qué tan viable es invertir en un nuevo proyecto para la empresa. Sin embargo, presentan diferencias notorias el uno del otro. En principio su mayor diferencia radica en que mientras el VAN calcula la rentabilidad de la inversión y arroja sus resultados en términos de unidades de valor monetario, el TIR realiza el análisis de esa misma rentabilidad, pero expresando sus resultados en términos relativos, en forma de porcentaje. (Economía, 2021)

### 16.7.2.3 Período de Recuperación de la Inversión

PRI o Período de Recuperación de la Inversión es un indicador que predice cuanto tiempo debe transcurrir para que la acumulación de beneficios netos alcance a cubrir la inversión inicial. El PRI puede calcularse según lo expresado en la ecuación 16-4

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d} \quad Ec(16 - 4)$$

Dónde

- a: Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.
- b: Inversión inicial.
- c: Flujo de efectivo acumulado en el año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.
- d: Flujo de efectivo en el año que se recupera la inversión.

La regla del PRI no siempre da la misma recomendación que la regla del VAN. Por ende, si se utiliza solamente la regla del PRI para decidir si una inversión se debe llevar a cabo, se podría cometer un gran error. Siempre es preferible utilizar la regla del VAN en lugar del PRI para llevar a cabo decisiones de inversión. No obstante, la implementación de los 3 indicadores simultáneamente sobre un mismo proyecto de inversión, proporciona una buena elección.

### 16.7.2.4 Relación beneficio/costo

La relación beneficio costo resulta de dividir el valor actualizado de los ingresos del proyecto entre el valor actualizado de los egresos del proyecto a una tasa de actualización igual a la TMAR. Como referencia se puede tomar:

- $B/C > 1$ , el proyecto es rentable dado que los beneficios son mayores que los costos.

- $B/C = 1$ , los beneficios o ingresos generados igualan a los costos que se enfrentan. Por tanto, es indiferente.
- $B/C < 1$ , los costos superan a los beneficios en magnitud y por tanto no hay rentabilidad del proyecto.

### 16.7.2.5 Resumen de los indicadores

Indicador	Valor	Condición
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 59.565.650	Aceptable
Tasa Interna de Retorno (TIR)	63%	Aceptable
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	1,63 años	Aceptable
Relación Beneficio - Costo (B/C)	1,51	Aceptable

Fuente: Elaboración propia.

Según lo dispuesto por la información detallada en la tabla 16-17, los indicadores económicos se manifiestan a favor de la rentabilidad del proyecto pudiendo recuperar la inversión en 1 año y 8 meses.

### 16.7.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una técnica que estudia el impacto que tienen sobre una variable dependiente de un modelo financiero las variaciones en una de las variables independientes que lo conforman.

Explicado de forma sencilla, lo que se hace, es observar cómo afecta un aumento o una disminución en el valor de un factor sobre el resultado final en un análisis financiero. Por ejemplo, si estamos utilizando el valor actual neto (VAN) se podría estar interesados en qué pasaría en dicho valor si aumentara la inversión inicial necesaria de un proyecto. De igual forma, para la TIR. (Economipedia, 2021)

#### 16.7.3.1 Variaciones de la TIR con el precio de venta

A partir del siguiente gráfico se analiza la relación entre la TIR y el precio de venta del acetato den-butilo.

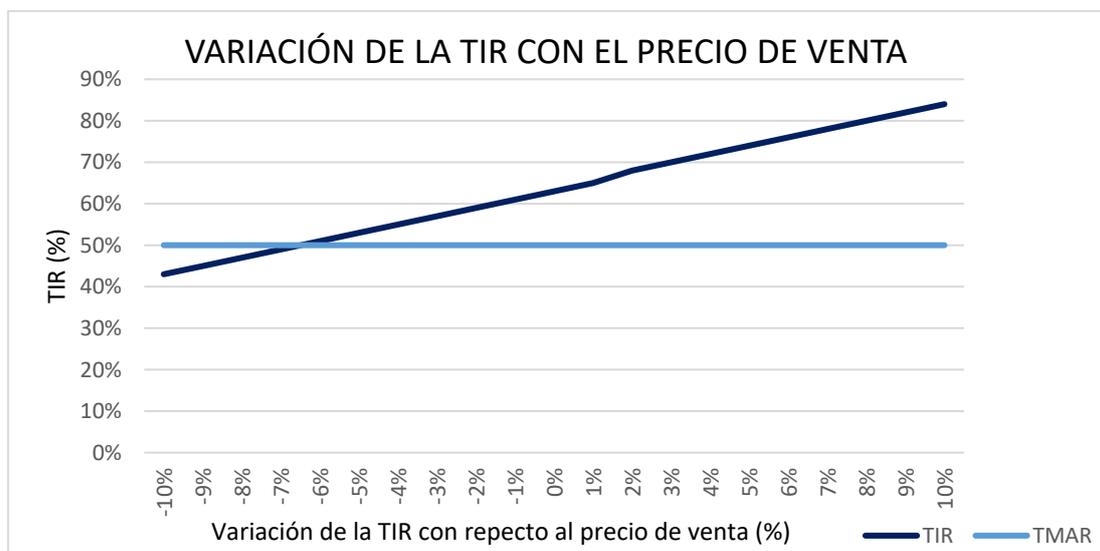


Gráfico 16-7: Variación de la TIR con respecto al precio de venta. Fuente: Elaboración propia.

Se observa lógicamente que el valor de la TIR aumenta con el incremento del precio de venta, pero se ve condicionado con la caída del mismo; se acepta una disminución de hasta el 7% antes de que el proyecto comience a no ser rentable. Se concluye entonces, que el precio de venta es uno de los factores más importantes a controlar y regular para que el proyecto no deje de ser viable económicamente.

### 16.7.3.2 Variación de la TIR con el costo de la materia prima

Se expone a continuación el gráfico de la variación de la TIR frente a las materias primas.

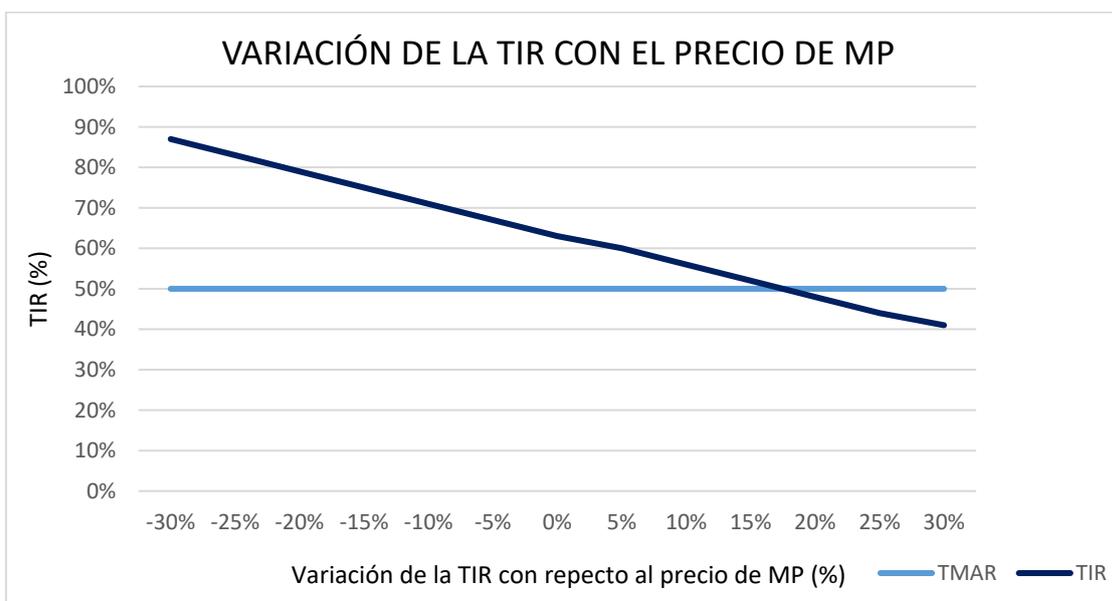


Gráfico 16-8: Variación de la TIR con respecto al precio de materias primas. Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de los costos de materias primas, se observa que el proyecto permite un aumento de 18%, ya que a partir de ese punto el valor de la TIR comienza a ser menor que el de la TMAR.

### 16.7.3.3 Variación de la TIR con mano de obra

A partir del siguiente gráfico se analiza la relación entre la TIR y la variación del costo de mano obra en la producción de acetato de n-butilo.

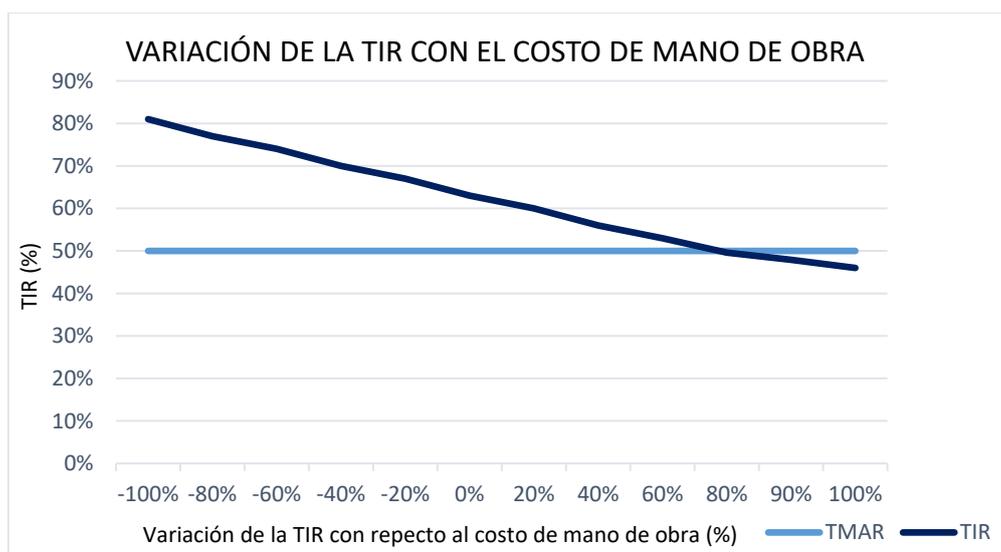


Gráfico 16-9: Variación de la TIR con respecto al costo de mano de obra. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la variación de la sensibilidad de la TIR frente a los costos de mano de obra, directa e indirecta, se observa que la misma puede sufrir un aumento de hasta el 80%. Por tal motivo este factor no genera modificaciones importantes.

#### 16.8 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

El proyecto realizado para poder cubrir una demanda de 8160 toneladas anuales requiere de una inversión total de \$208.335.089 que se lleva a cabo con capital del Banco de la Nación Argentina que se amortiza con el sistema francés en un período de 20 años.

Mediante la recopilación de datos y confección del estudio económico financiero, se concluyen los indicadores económicos que se manifiestan a favor de la rentabilidad del proyecto pudiendo asegurar que:

- ✓ La producción de acetato de n-butilo en Argentina es rentable.
- ✓ La inversión total se recupera en un período de tiempo de un año y ocho meses.
- ✓ Existe una relación beneficio/costo favorable

Tal y como está plasmado el proyecto, se deberá tener en cuenta el precio de venta del producto final. Según el análisis de sensibilidad, se admite que el precio final de venta de acetato de n-butilo en el mercado puede descender un 7% antes que deje de ser rentable. De la misma manera, el precio de las materias primas puede incrementar en un 18%, un valor superior admite que el proyecto pierda viabilidad. Con mayor margen de seguridad, es posible incrementar hasta en un 80% el costo de la mano de obra y el proyecto seguirá siendo aceptable.

# CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

### 2.6 CONCLUSIONES

En cuanto al acetato de n-butilo como solvente, se encuentra que este compite con otro éster, el acetato de etilo. Ambos con características de solvencias similares son los elegidos en la producción de, por ejemplo, barnices a base de nitrocelulosa. Cabe destacar que el acetato de n-butilo es el de mayor velocidad de evaporación, según ratio de evaporación.

Además de los aspectos químicos, técnicos y económicos, se puede seguir una cierta generalización que establece que las pinturas a base de resinas alquídicas, epoxídicas, poliuretánicas y fenólicas son las que necesitan mayor cantidad de solvente con valores que rondan entre el 40 y 55% en peso del producto final, mientras que las composiciones con altos contenidos de sólidos (pigmentos) entre un 20 y 30%. Existen también formulaciones industriales de base acuosa con bajo contenido de solventes orgánicos volátiles que tienen entre el 3 y 18% según la necesidad.

El estudio de mercado realizado nos permite concluir que han sido significativos los cambios en la estructura del mercado nacional de solventes durante los últimos años. Según los anuarios estadísticos del Instituto de Petroquímica y química Argentino (IPA) hay solventes como los ésteres del ácido acético, acetatos de n-butilo y etilo que han crecido en consumo cuando se habla de uso en industrias de pinturas y recubrimientos. Estos, muestran una demanda en aumento. El mercado del solvente de interés pasa del 55% en 2010 al 70% en 2018.

Ya sea por decisiones medioambientales, o por competencia del producto en diferentes áreas, el BuOAc gana territorio junto con el acetato de etilo. En primer lugar, de todos los solventes orgánicos volátiles, el éster que se presenta en este proyecto tiene mucha ventaja respecto a mezclas de xileno o tolueno que ha disminuido drásticamente su competitividad cuando se lo considera para la dilución de resinas en una pinturería por las regulaciones ambientales vigentes. Desde este punto de vista, las cetonas representan en el mercado nacional de hoy, la competencia directa de los ésteres. La acetona, el metil etil cetona (butanona), el metil isobutil cetona y el ciclohexanona han demostrado crecer en el mercado al mismo tiempo que su participación en las fábricas de pinturas también se incrementó. No obstante, y al menos por ahora, sus consumos son menores que los ésteres.

Se observa un crecimiento sostenido de la necesidad del solvente en una Argentina sin producción local de donde se proyecta una demanda que crecería durante la próxima década con una tasa anual promedio del 1% al considerar cubrir el 35% de la demanda de Brasil de forma conjunta. Apostar al mercado regional para favorecer la industria local es también un punto positivo de este proyecto.

El ácido acético y el alcohol butílico constituyen las materias primas en la producción del acetato. Ambas sustancias no son producidas en el país, con lo que esto implica importarlas. Los costos de materias primas, son elevados por esta razón.

A fin de determinar la localización óptima para la realización del proyecto se evaluaron varias opciones de ubicación repartidas por territorio argentino, considerando a tres de las provincias más productivas y descartando por beneficios geográficos hasta llegar a elegir en la ciudad de Zárate, Bs.AS, precisamente en el Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas.

Siendo este último una gran oportunidad de inversión, debido a los beneficios tanto provinciales como los propios del parque industrial.

Por otra parte, en cuanto a los procesos productivos, los convencionales representan elevados consumos energéticos y un producto final de menor pureza. La implementación de la destilación reactiva es sumamente beneficiosa y recomendable para la obtención de este solvente, dado que la reacción de esterificación directa del ácido acético con el butanol cumple con las condiciones mínimas para que se la formación y separación de productos simultáneamente. El equipo representa un dos por uno. La zona de reacción, físicamente, el espacio físico, dónde se produce la conversión de los reactivos, es un reactor inmerso en una columna de destilación con etapas de rectificación y agotamiento claramente diferenciadas.

El hecho de que los productos de reacción sean constantemente separados por la propia operación de destilación, incrementa la conversión de los reactivos hasta alcanzar un rendimiento de reacción muy elevado. En un principio, esta es la gran ventaja, además del ahorro energético que significa remplazar las 3 columnas que logran una buena pureza en procesos convencionales.

Sobre el estudio económico financiero del proyecto, cubrir una demanda conjunta compuesta por 70% del consumo argentino y el 35% del consumo brasilero de acetato de n-butilo es posible mediante una inversión de \$208.335.089. La producción con un nivel de elaboración de 8160 toneladas por año es rentable ya que los índices financieros generales de la inversión arrojan valores positivos. Dentro de los mismos, se encuentra la TIR con un valor del 63% acompañada con un VAN de \$ 59.565.650 en un periodo de análisis de 20 años y con una relación de beneficio-costos de 1,51.

Como se menciona anteriormente, el proyecto requiere de una inversión total de \$208.335.089 que se lleva a cabo con capital del Banco de la Nación Argentina que se amortiza con el sistema francés en un período de 20 años, con una tasa nominal anual fija del 50% y un período de recupero de la inversión de aproximadamente un año y ocho meses, momento en el cual la empresa comenzaría a aumentar sus ingresos y seguir creciendo tanto en el mercado como en una posible ampliación que permita posicionarla en el exterior.

En base al análisis de sensibilidad, el punto de mayor relevancia sobre el proyecto es el precio final de venta de acetato de n-butilo, el cual puede descender un 7% antes que deje de ser rentable. De la misma manera, el precio de las materias primas puede incrementar en un 18%, un valor superior admite que el proyecto pierda viabilidad. Con mayor margen de seguridad, es posible incrementar hasta en un 80% el costo de la mano de obra y el proyecto seguirá siendo aceptable.

## Bibliografía

- Anasthas, H. y Gaikar, V. (2001). "Removal of acetic acid impurities from ethyl acetate by adsorption on ion exchange resins. *Separation Science and Technology*, 623-646.
- ATIPAT. (2021). *Asociación Tecnológica Iberoamericana de Pinturas, Adhesivos y Tintas*. Obtenido de <https://atipat.org/>
- Baba, T. y Ono, Y. (2001). Heteropoliácidos y sus sales soportado en resina ácida de intercambio iónico como altamente activo en catalizadores sólido-ácido. 321-324.
- Benitez Duran, F. (Septiembre de 2005). *INGENIERÍA BÁSICA DE UNA UNIDAD DE SEPARACIÓN*.
- BookChemical. (19 de Abril de 2021). *Chemical Book*. Recuperado el 3 de Mayo de 2021, de <https://www.chemicalbook.com/Article/What-is-1-Butanol.htm>
- Boyd., R. M. (1990). *Introducción a la Química Orgánica*. Pearson Education, Quinta Edición.
- Burkert Fluid Control Systems*. (2021). Obtenido de <https://www.burkert.es/>
- Campero, E., & Bratu, N. (1995). *Instalaciones Eléctricas. Conceptos básicos y diseño*. Mexico: Alfaomega.
- Canales, G. (2016). *Tipologías Societarias*. Tucumán.
- CAPIN - Cámara Argentina de Pinturerías. (2018). Obtenido de <https://capin.org.ar/>
- CARBONELL, J. C. (2013). *PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS: INTRODUCCION A SU TECNOLOGIA*. DIAZ DE SANTOS.
- Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra. (2011). *TECNOLOGÍA DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Chemcad. (s.f.).
- Chemtech Sulzer. (2008). *Sulzer Chemtech*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2021, de [https://www.sulzer.com/-/media/files/products/separation-technology/liquid\\_liquid\\_extraction/brochures/structured\\_packings.ashx](https://www.sulzer.com/-/media/files/products/separation-technology/liquid_liquid_extraction/brochures/structured_packings.ashx)
- CHO, M.; JO, S.; KIM, G.; HAN, M. (2014). Entrainer-Enhanced Reactive Distillation for the Production of Butyl Acetate. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 95-105.
- DOW. (2013). Obtenido de <https://ar.dow.com/es-ar.html>
- E. Sert y F. S. Atalay. (2011). *Esterification of Acetic Acid with Butanol: Operation in a Packed Bed Reactive*. Ege University, Chemical Engineering Department.
- EastmanChemical. (2020). *Eastman Chemical Company*. Recuperado el 05 de Abril de 2021, de <https://www.eastman.com/Pages/ProductHome.aspx?product=71001046&pn=Butyl+Acetate>
- Economía*. (2021). Obtenido de <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>
- Economipedia*. (2021). Obtenido de <https://economipedia.com>
- Emerson. (2021). Guía del ingeniero para la medición de tanques.

- EMR - Expert Market Research. (2019). Obtenido de <https://www.expertmarketresearch.com/>
- Fabricarpinturas. (23 de Julio de 2012). *Fabricarpinturas*. Recuperado el 6 de Mayo de 2021, de <http://fabricarpinturas.com/blog/introduccion-sobre-pinturas.php>
- FAVRA SAIC. (2021). Obtenido de <http://www.favra.com.ar/>
- FONTANET. *Calderas y tanques*. (2021). Obtenido de <https://www.calderasfontanet.com/>
- GANGADWALA, J.; MANKAR, S.; MAHAJANI, S.; KIENLE A.; STEIN, E. (2003). Esterification of Acetic Acid with Butanol in the Presence of Ion-Exchange Resins as Catalyst. *Industrial & Engineering Chemistry Research.*, 2146-2155, Vol 25.
- GERENCIE.COM. (2021). Obtenido de <https://www.gerencie.com/>
- Grundfos. (2021). Obtenido de <https://product-selection.grundfos.com>
- Guzmán Castro, F. (2005). *El Estudio Económico - Financiero y la evaluación en proyectos de la industria química*. . Bogotá.
- HANIKA J.; KOLENA, J.; SMEJKAL Q. (1999). Butyl acetate via reactive distillation – modelling and experiment. *Chemical Engineering Society.*, 205-209.
- Hansen, C. M. (2007). *Parametros de solubilidad de Hansen*.
- HARVEY, L. D. (2010). Energy and the New Reality. *Energy Efficiency and Demand for Energy Services*. Londres.
- Haynes, W. (2013). *Manual CRC de Química y Física*. CRC Press LLC, Boca Ratón, 94ª edición.
- I.C.I.S - Independent Commodity Intelligence Services. (2020). Obtenido de <https://www.icis.com/explore/>
- INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2020). Obtenido de <https://comex.indec.gov.ar>
- Introducción a los sistemas de control automático*. (2021). Obtenido de <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/sistemas-de-control-automatico-introduccion.html>
- IPA - Instituto Petroquímico Argentino. (2018). Obtenido de <https://www.ipa.org.ar>
- IPLACEX Tecnológico Nacional. (s.f.). *Formulación y evaluación de proyectos*.
- Kienle y Achim. (2002). *Dynamics and Control of Reactive Distillation Processes*. International Congress of Chemical and Process Engineering .
- León, S. E. (Mayo de 2013). *CRAI LANDÍVAR Red de Bibliotecas*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2021, de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/01/01/Hernandez-Sergio.pdf>
- Londoño, A. O. (2015). Estudio de la síntesis de acetato de butilo análisis de las condiciones de equilibrio. *Revista Ingeniería e Investigación*, Vol 25.
- Margarida, M. (1983). *Aislamiento térmico*. Barcelona: Reverte.
- MarketsandMarkets Research. (2020). Obtenido de <https://www.marketsandmarkets.com/>

- McCabe, W. L. (1998). *Operaciones unitarias en Ingeniería Química*.
- Ministerio de desarrollo productivo. (2021). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/produccion>
- Ministerio de Educación de la Nación. (2021). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/educacion>
- Ministerio de transporte de la Nación. (2021). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/transporte>
- Ocon García, J., & Tojo Barreiro, G. (2000). *Problemas de ingeniería Química - Operaciones Básicas*.
- Organización Internacional de Normalización. (ISO 9001:2015). *ISO 9001:2015*.
- Parque industrial COMIRSA. (2021). Obtenido de <http://www.parquecomirsa.com.ar/>
- Parque industrial y logístico Paraná de las Palmas. (2021). Obtenido de <https://www.pliz.com.ar/>
- Parque industrial y logístico PARANÁ DE LAS PALMAS. (2021). Obtenido de <https://www.pliz.com.ar/>
- Pedraza Rendón, O. H. (1995). *LOCALIZACIÓN DE FACILIDADES INDUSTRIALES*. Mexico.
- Philip Lutze, Rafiqul Gani, John M. Woodley. (2 de Mayo de 2010). *Process intensification: A perspective on process synthesis*. Recuperado el 6 de Junio de 2021, de <https://doi.org/10.1016/j.cep.2010.05.002>
- Plaza industrial ESCOBAR. (2021). Obtenido de <http://www.plazaindustrial.com.ar/>
- PPG. (2019). Obtenido de <https://es.ppgrefinish.com/>
- Programa de formación de líderes energéticos. (2021). Obtenido de <http://www.lideresenergeticos.org.ar/>
- Programa nacional de parques industriales. (2021). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/programa-nacional-de-parques-industriales/datos>
- RIEMENSCHNEIDER y W; BOLT, H. M. (2005). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Esters, Organic*. Weinheim.
- SAKUTH, M.; REUSCH, D.; JANOWSKY, R. (2008). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Reactive Distillation*. Weinheim.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- School, E. -B. (2021). Obtenido de <https://retos-directivos.eae.es/analisis-economico-y-financiero-de-una-empresa-diferencias/>
- Scientific, T. F. (2021). *Fisher Scientific*. Recuperado el 5 de Abril de 2021, de [https://www.fishersci.es/chemicalProductData\\_uk/wercs?itemCode=10394970&lang=ES](https://www.fishersci.es/chemicalProductData_uk/wercs?itemCode=10394970&lang=ES)

Sensores e interfaces. (2018).

SINNOTT, R. K. (2005). *Chemical Engineering Design*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Smith, C. A., & Corripio, A. B. (1991). *Control automático de procesos. Teoría y práctica*. Mexico: Noriega.

Solutions, Rosetta Technology. (s.f.). Obtenido de <https://rosetta-technology.com/es/sensores-de-medida/level/radar-onda-guiada>

Spirax Sarco. (2021). *Guía de referencia técnica - Distribución del Vapor*. Obtenido de [https://jrguezs.webs.ull.es/tecnologia/tema2/distrib\\_vapor.pdf](https://jrguezs.webs.ull.es/tecnologia/tema2/distrib_vapor.pdf)

STEINIGEWEG, S., & GMEHLING, J. (2002). n-Butyl Acetate Synthesis via Reactive Distillation: Thermodynamic Aspects, Reaction Kinetics, Pilot-Plant Experiments, and Simulation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 510-543.

TLV. (2021). *TLV - Compañía especializada en vapor*. Obtenido de <https://www.tlv.com/global/ES/>

TRADE MAP - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. (2021). Obtenido de <https://www.trademap.org/Index.aspx>

Treybal, R. E. (1990). *Operaciones de transferencia de masa*. México: McGraw-Hill.

Turelectric, G. (2021). Obtenido de <https://grupoturelectric.com/>

Vega. (2021). *Vega*. Obtenido de <https://www.vega.com/>

Victor H. Anreda , Joseph R. Zoeller. (1992). *Acetic Acid and its Derivatives*.

William L. Luyben , Cheng-Ching Yu. (2008). *Diseño y control de destilación reactiva*. Wiley, 2008.

# ANEXO I

FICHAS TÉCNICAS DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO  
FINAL



**ANEXO I: FICHAS DE SEGURIDAD**

**ACIDO ACÉTICO GLACIAL**

<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - Ácido acético (glacial)</b>	
<b>SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia</b>	
1.1 Identificador del producto	
Denominación	Ácido acético (glacial)
No. CAS	64-19-7
1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados	
Usos identificados: Análisis químico - uso industrial	
<b>SECCIÓN 2. Identificación de los peligros</b>	
2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)	
Líquido inflamable, Categoría 3, H226	
Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314	
2.2 Elementos de la etiqueta Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)	
Pictograma de peligro	
Palabra de advertencia	Peligro
Corrosiones cutáneas, Categoría 1A, H314	H226 Líquidos y vapores inflamables
	H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves
Consejos de prudencia	Prevención
	P210 Mantener alejado de fuentes de calor
	P280 Llevar guantes / prendas / gafas / máscara de protección.
	Intervención
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 Toxicóloga o a un médico.	
Otros peligros	Ninguna conocida.
<b>SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes</b>	
Sustancia	Formula $\text{CH}_3\text{COOH}$ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (Hill) No. Índice 607-002-00-6 No. CE 200-580-7Masa molar 60,05 g/mol
<b>SECCIÓN 4. Primeros auxilios</b>	

4.1 Descripción de los primeros auxilios	<p>Recomendaciones generales</p> <p>El socorrista necesita protegerse a sí mismo.</p> <p>Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.</p> <p>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.</p>
4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados	<p>Irritación y corrosión, Tos, Náusea, Vómitos, bronquitis, espasmos estomacales, Insuficiencia respiratoria, Colapso circulatorio, Pulmonía. Riesgo de turbidez en la córnea. ¡Riesgo de ceguera!</p>
4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente	<p>No hay información disponible.</p>
<b>SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios</b>	
5.1 Medios de extinción	<p>Medios de extinción apropiados</p> <p>Agua, Espuma, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Polvo seco.</p> <p>Medios de extinción no apropiados. No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.</p>
5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla Inflamable.	<p>Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo. En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire. En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos. El fuego puede provocar emanaciones de: vapores de ácido acético.</p>
5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios	<p>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.</p>
Otros datos	<p>Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada.</p> <p>Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.</p>
<b>SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental</b>	
6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia	<p>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. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos. Consejos para el personal de emergencia:</p> <p>Equipo protector véase sección 8.</p>
6.2 Precauciones relativas al medio ambiente	<p>No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.</p>

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. Proceder a la eliminación de los residuos.
6.4 Referencia a otras secciones	Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.
<b>SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento</b>	
7.1 Precauciones para una manipulación segura	<p>Consejos para una manipulación segura Observar las indicaciones de la etiqueta. Indicaciones para la protección contra incendio y explosión</p> <p>Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.</p> <p>Medidas de higiene Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.</p>
7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades	<p>Condiciones de almacenamiento</p> <p>Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición.</p> <p>Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.</p>
<b>SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual</b>	
<b>8.1 Parámetros de control</b>	
Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional	<p>EU ELV Límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo</p> <p>10 ppm</p> <p>25 mg/m<sup>3</sup></p> <p>VLA (ES) Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC) 20 ppm 50 mg/m<sup>3</sup></p> <p>Valor Límite Ambiental-Exposición. Diaria (VLA-ED)</p> <p>10 ppm 25 mg/m<sup>3</sup></p>
Nivel sin efecto derivado (DNEL)	<p>DNEL trabajador, agudo Efectos locales inhalativo 25 mg/m<sup>3</sup></p> <p>DNEL trabajador, crónico Efectos locales inhalativo 25 mg/m<sup>3</sup></p> <p>DNEL consumidor, agudo Efectos locales inhalativo 25 mg/m<sup>3</sup></p> <p>DNEL consumidor, prolongado Efectos locales inhalativo 25 mg/m<sup>3</sup></p>
Procedimientos de control recomendados	Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.
Concentración prevista sin efecto (PNEC)	<p>PNEC Agua dulce 3,058 mg/l</p> <p>PNEC Sedimento de agua dulce 11,36 mg/kg</p> <p>PNEC Agua de mar 0,3058 mg/l</p> <p>PNEC Sedimento marino 1,136 mg/kg</p> <p>PNEC Liberación periódica al agua 30,58 mg/l</p> <p>PNEC sistema de depuración de aguas residuales 85 mg/l</p>

<p>8.2 Controles de la exposición</p>	<p>Medidas 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 ajustadas al contorno del rostro Protección de las manos: Material del guante: goma butílica. Espesor del guante: 0,7 mm. Tiempo de penetración: 480 min. Salpicaduras: Material del guante: Latex natural. Espesor del guante: 0,6 mm. Tiempo de penetración: 30 min.</p>
<p><b>SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas</b></p>	
<p>9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas</p>	<p>Forma líquido Color incoloro Olor picante Umbral olfativo 0,2 - 100,1 ppm pH 2,5 a 50 g/l 20 °C Punto de fusión 17 °C Punto /intervalo de ebullición 116 - 118 °C a 1.013 hPa Punto de inflamación 40 °C Método: c.c. Tasa de evaporación No hay información disponible. Inflamabilidad (sólido, gas) No hay información disponible. Límites inferior de explosividad 4 %(v) Límite superior de explosividad 19,9 %(v) Presión de vapor 15,4 hPa a 20 °C Densidad relativa del vapor 2,07 Densidad 1,05 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C Densidad relativa No hay información disponible. Solubilidad en agua 602,9 g/l a 25 °C Coeficiente de reparto octanol/agua log Pow: -0,17 (25 °C) Temperatura de autoinflamación No hay información disponible. Temperatura de descomposición Destilable sin descomposición a presión normal. Viscosidad, dinámica 1,22 mPa.s a 20 °C Propiedades explosivas No clasificado/a como explosivo/a. Propiedades comburentes ningún</p>
<p><b>SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad</b></p>	
<p>10.1 Reactividad</p>	<p>Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.</p>
<p>10.2 Estabilidad química</p>	<p>El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).</p>

<p>10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas</p>	<p>Riesgo de explosión con: peróxidos, ácido perclórico, óleum/ácido sulfúrico, haluros de fósforo, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, cromo (VI)óxido, permanganato de potasio, Peróxidos, Agentes oxidantes fuertes</p> <p>Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con: Hierro, Cinc, magnesio, Acero dulce. Puede formarse: Hidrógeno. Posibles reacciones violentas con: soluciones fuerte de hidróxidos alcalinos, Aldehídos, hidróxidos alcalinos, halogenuros de no metales, etanolamina, Acetaldehído, Alcoholes, halogenuros de halógeno, ácido clorosulfónico, ácido cromosulfúrico, Hidróxido de potasio, Ácido nítrico.</p>
<p>10.4 Condiciones que deben evitarse</p>	<p>Calentamiento. Temperaturas &lt; 17 °C.</p>
<p>10.5 Materiales incompatibles</p>	<p>Metales diversos</p>
<p><b>SECCIÓN 11. Información toxicológica</b></p>	
<p>11.1 Información sobre los efectos toxicológicos                  Toxicidad oral aguda DL50 Rata: 3.310 mg/kg (RTECS)                  Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago., Náusea, Vómitos, Existe riesgo de aspiración al vomitar., Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito.</p>	
<p>Toxicidad aguda por inhalación LCLO Rata: 39,95 mg/l; 4 h (RTECS)                  Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias, Pulmonía, bronquitis, Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio., Los síntomas pueden retrasarse. Toxicidad cutánea aguda Esta información no está disponible. Irritación de la piel Conejo Resultado: Provoca quemaduras. (IUCLID) Provoca quemaduras graves. Irritación ocular Conejo Resultado: Provoca quemaduras. (IUCLID) Provoca lesiones oculares graves. ¡Riesgo de ceguera! Sensibilización. Mutagenicidad en células germinales. Genotoxicidad in vitro. Prueba de Ames. Salmonella typhimurium Resultado: negativo.</p>	
<p><b>SECCIÓN 12. Información ecológica</b></p>	
<p>12.1 Toxicidad                  Toxicidad para los peces                  Ensayo semiestático CL50 Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada): &gt; 300,8 mg/l; 96 h. Directrices de ensayo 203 del OECD.                  Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos. EC5 E. sulcatum: 78 mg/l; 72 h neutro (concentración tóxica límite) (Literatura).                  CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 47 mg/l; 24 h (Literatura).                  Toxicidad para las algas IC5 Scenedesmus quadricauda (alga verde): 4.000 mg/l; 16 h (concentración tóxica límite) (Literatura).                  Toxicidad para las bacterias EC5 Pseudomonas putida: 2.850 mg/l; 16 h neutro (concentración tóxica límite) (Literatura).</p> <p>12.2 Persistencia y degradabilidad                  Biodegradabilidad 99 %; 30 d OECD TG 301D (HSDB).                  Fácilmente biodegradable. 95 %; 5 d OECD TG 302B                  Se elimina fácilmente del agua. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 880 mg/g (5 d) (Literatura).                  Ratio BOD/ThBOD DBO5 76 % (IUCLID).</p> <p>12.3 Potencial de bioacumulación Coeficiente de reparto n-octanol/agua                  log Pow: -0,17 (25 °C) (experimentalmente) (ECHA) No es de esperar una bioacumulación.</p> <p>12.4 Movilidad en el suelo                  No hay información disponible.</p> <p>12.5 Otros efectos adversos                  Información ecológica complementaria. Efectos biológicos: Efecto perjudicial por desviación del pH. Corrosivo incluso en forma diluida. La descarga en el ambiente debe ser evitada.</p>	
<p><b>SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación</b></p>	

Métodos para el tratamiento de residuos. Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

**SECCIÓN 14. Información relativa al transporte**

- Transporte por carretera (ADR/RID)  
 14.1 Número ONU UN 2789  
 14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas Ácido acético glacial  
 14.3 Clase 8 (3)  
 14.4 Grupo de embalaje II  
 14.5 Peligrosas ambientalmente  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios sí. Código de restricciones en túneles D/E.

**SECCIÓN 15. Información reglamentaria**

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla. Disposiciones legales de la CE. Legislación sobre Riesgos de Accidentes Graves. SEVESO III LÍQUIDOS INFLAMABLES P5c. Cantidad 1: 5.000 t. Cantidad 2: 50.000 t. Restricciones profesionales. Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono.

**SECCIÓN 16. Otra información**

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3. H226 Líquidos y vapores inflamables. H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Consejos relativos a la formación. Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado. Pictogramas de peligro. Palabra de advertencia: Peligro Indicaciones de peligro: H226 Líquidos y vapores inflamables. H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia: Prevención. P210 Mantener alejado de fuentes de calor. P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención. P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

**N-BUTANOL**

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - N-butanol**

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia**

**1.1 Identificador del producto**

Denominación	N-butanol
No. CAS	71-36-3

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

Usos identificados: Análisis químico, Producción química. Producto de uso industrial

**SECCIÓN 2. Identificación de los peligros**

**CLASIFICACIÓN (REGLAMENTO (CE) NO 1272/2008)**

Líquido inflamable, Categoría 3, H226

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema nervioso central, H336.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335.

Irritación cutáneas, Categoría 2, H315

Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318

Para el texto de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16. CLASIFICACIÓN (67/548/CEE O 1999/45/CE) R10 Xn Nocivo R22. Xi Irritante R37/38. 41 R67.

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

Pictograma de peligro	
Palabra de advertencia	Peligro
Indicaciones de peligro	H226 Líquidos y vapores inflamables. H302 Nocivo en caso de ingestión. H315 Provoca irritación cutánea. H318 Provoca lesiones oculares graves. H335 Puede irritar las vías respiratorias. H336 Puede provocar somnolencia o vértigo.
Consejos de prudencia	Prevención P210 Mantener alejado de fuentes de calor. P280 Llevar gafas de protección.
Intervención	P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes. 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. P313 Consultar a un médico.
<b>SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes</b>	
Sustancia	Fórmula $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$ $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ (Hill). No. CE 200-751-6. Masa molar 74,12 g/mol. Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008). Nombre químico (Concentración). No. CAS Número de registro Clasificación n-Butanol (<= 100 % ) La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento ( CE) núm. 1907/2006, .71-36-3 *) Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, H302 Irritación cutáneas, Categoría 2, H315 Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, H336 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, H335
<b>SECCIÓN 4. Primeros auxilios</b>	
4.2 Principales auxilios, síntomas y efectos, agudos y retardados	Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada. Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo. Tras ingestión: cuidado con los vómitos. ¡Peligro de aspiración! Mantener libres las vías respiratorias. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito. Consultar a un médico. <b>PRINCIPALES SÍNTOMAS Y EFECTOS, AGUDOS Y RETARDADOS:</b> Efectos irritantes, Tos, amortiguador de la respiración, Insuficiencia respiratoria, Somnolencia, Vértigo, narcosis, borrachera, Náusea, Vómitos, efectos sobre el sistema cardiovascular, sueño, efectos sobre el sistema nervioso central <b>INDICACIÓN DE TODA ATENCIÓN MÉDICA Y DE LOS TRATAMIENTOS ESPECIALES</b> <b>QUE DEBAN DISPENSARSE INMEDIATAMENTE:</b> No hay información disponible.
<b>SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios</b>	

5.1 Medios de extinción	Medios de extinción apropiados Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), Espuma, Polvo seco 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 Inflamable.	Inflamable. Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo. En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire. En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.
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	Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.
<b>SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental</b>	
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. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. 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 tirar los residuos por el desagüe. Riesgo de explosión.
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 materiales absorbentes. Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.
6.4 Referencia a otras secciones	Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.
<b>SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento</b>	
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. Evítese la generación de vapores/aerosoles. Indicaciones para la protección contra incendio y explosión: Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. 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: Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.
<b>SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual</b>	
8.1 Parámetros de control	

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional	<p>n-Butanol (71-36-3)                      AR OEL Clasificación de riesgo a la piel:                      Absorción potencial a través de la piel.                      Valor techo 50 ppm</p>
Procedimientos de control recomendados - Controles de la exposición	<p>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.</p> <p>Protección de los ojos / la cara: Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro</p> <p>Protección de las manos Sumersión: Material del guante: Caucho nitrílo Espesor del guante: 0,40 mm Tiempo de perforación: &gt; 480 min Salpicaduras: Material del guante: Policloropreno Espesor del guante: 0,65 mm Tiempo de perforación: &gt; 120 min</p> <p>Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/ EEC y con su norma resultante EN374.</p> <p>Otras medidas de protección</p> <p>Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.</p> <p>Protección respiratoria Necesaria en presencia de vapores/aerosoles. Tipo de Filtro recomendado: Filtro A. 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 tirar los residuos por el desagüe. Riesgo de explosión.</p>
<b>SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas</b>	
9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas	<p>Forma: líquido                      Color: incoloro                      Olor: etanólico                      Umbral olfativo: 0,004 - 48,7 ppm                      pH: 7 a 70 g/l 20 °C                      Punto de fusión: -89 °C                      Punto /intervalo de ebullición: 116 - 118 °C a 1.013 hPa</p>

	<p>Reactividad: Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso. Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.</p> <p>Estabilidad química: El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental). Posibilidad de reacciones peligrosas: Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con: oxidantes fuertes, cromo (VI) óxido.</p> <p>Reacción exotérmica con: Metales alcalinos, Metales alcalinotérreos, Aluminio, reductores fuertes, Cloruros de ácido. Condiciones que deben evitarse: Calentamiento.</p> <p>Materiales incompatibles: Goma, plásticos diversos Productos de descomposición.</p> <p>peligrosos: Información no disponible. Punto de inflamación: 34 °C.</p> <p>Tasa de evaporación: No hay información disponible.</p> <p>Inflamabilidad (sólido, gas): No hay información disponible.</p> <p>Límite de explosión, inferior: 1,4 %(v)</p> <p>Límite de explosión, superior: 11,3 %(v)</p> <p>Presión de vapor: 6,7 hPa a 20 °C (calculado)</p> <p>Densidad relativa del vapor: 2,6 a 20 °C</p> <p>Densidad: 0,81 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C</p>
<b>SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad</b>	
10.1 Reactividad	Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.
10.2 Estabilidad química	El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).
10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas	Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con: oxidantes fuertes, cromo (VI) óxido. Reacción exotérmica con: Metales alcalinos, Metales alcalinotérreos, Aluminio, reductores fuertes, Cloruros de ácido.
10.4 Condiciones que deben evitarse	Calentamiento.
10.5 Materiales incompatibles	Información no disponible
<b>SECCIÓN 11. Información toxicológica</b>	
11.1 Información sobre los efectos toxicológicos	
Toxicidad oral aguda DL50 Rata: 3.310 mg/kg (RTECS)	
Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago., Náusea, Vómitos, Existe riesgo de aspiración al vomitar., Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito.	
Toxicidad oral aguda: DL50 Rata: 790 mg/kg (RTECS). Síntomas: Náusea, Vómitos, Existe riesgo de aspiración al vomitar., Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito. Absorción. Toxicidad aguda por inhalación: CL50 Rata: > 18 mg/l; 4 h; vapor. Directrices de ensayo 403 del OECD (concentración máxima a disolver) Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias. Absorción. Toxicidad cutánea aguda: DL50 Conejo: 3.430 mg/kg. Directrices de ensayo 402 del OECD Irritación de la piel: Conejo. Resultado: Irritaciones. Prueba de Draize. Provoca irritación cutánea Irritación ocular: Conejo. Resultado: Efectos irreversibles en los ojos. Directrices de ensayo 405 del OECD. Provoca lesiones oculares graves.	
Sensibilización: Esta información no está disponible. Mutagenicidad en células germinales	
Genotoxicidad in vitro: Prueba de Ames. Salmonella typhimurium. Resultado: negativo (ECHA)	
Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): test micronucleus. Resultado: negativo (ECHA) Ensayo de mutación genética de células de mamífero in vitro. Resultado: negativo. Método: OECD TG 476.	
<b>SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación</b>	

Métodos para el tratamiento de residuos Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

#### SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

##### TRANSPORTE POR CARRETERA (ADR/RID)

- 14.1 Número ONU: UN 1120
- 14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: Butanoles
- 14.3 Clase: 3
- 14.4 Grupo de embalaje: III
- 14.5 Peligrosas ambientalmente --
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: si  
Código de restricciones en túneles: D/E

#### SECCIÓN 15. Información reglamentaria

- 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla Legislación nacional Clase de almacenamiento 3
- 15.2 Evaluación de la seguridad química  
Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

#### SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.  
 H226 Líquidos y vapores inflamables.  
 H302 Nocivo en caso de ingestión.  
 H315 Provoca irritación cutánea.  
 H318 Provoca lesiones oculares graves.  
 H335 Puede irritar las vías respiratorias.  
 H336 Puede provocar somnolencia o vértigo.  
 El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3  
 R10 Inflamable.  
 R22 Nocivo por ingestión.  
 R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel.  
 R41 Riesgo de lesiones oculares graves.  
 R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.  
 Consejos relativos a la formación: Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

## ACETATO DE N-BUTILO

### FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - Acetato de N-butilo

#### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia

##### 1.1 Identificador del producto

Denominación	
Sinónimos	Butil acetato, ester butílico, etanoato de butilo
No. CAS	123-86-4

##### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: Análisis químico - uso industrial

#### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

##### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla Clasificación

<p>Peligros Físicos:                  H226 Líquidos inflamables – Categoría 3 – Líquido y vapores inflamables.                  Peligros para la Salud:                  H331 Toxicidad aguda (Inhalación-vapores) – Categoría 3 – Tóxico si se inhala.                  H319 Daño/Irritación ocular grave – Categoría 2B – Provoca irritación ocular.                  Toxicidad sistémica específica de órganos blanco (Exposición única) – Categoría 3 - Puede irritar las vías respiratorias o Puede provocar somnolencia y vértigo.</p>	
<p>2.2 Elementos de la etiqueta Etiquetado</p>	
<p>Pictograma de peligro</p>	
<p>Palabra de advertencia</p>	<p>Peligro</p>
<p>Peligros</p>	<p>P201 Procurarse las instrucciones antes de su uso.                  P202 No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad.                  Mantener alejado del calor, chispas, llamas al descubierto, superficies calientes y otras fuentes de                  P210 ignición. No fumar                  P233 Mantener el recipiente herméticamente cerrado                  P240 Toma de tierra y enlace equipotencial del recipiente y del equipo receptor. P241 Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación/ antideflagrante.</p>

	<p>P242 No utilizar herramientas que produzcan chispas.</p> <p>P243 Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.</p> <p>P260 No respirar polvos/ humos/ gases/ nieblas/ vapores/ aerosoles.</p> <p>P264 Lavarse la piel concienzudamente después de la manipulación.</p> <p>P270 No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto.</p> <p>P271 Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.</p> <p>P273 No dispersar en medio ambiente.</p> <p>P280 Usar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para la cara/ ojos.</p> <p>EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Enjuagar la piel con agua/ ducharse.</p> <p>EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal. EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.</p> <p>P308 + P313 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico. P332 + P313 En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.</p> <p>P337 + P313 Si persiste la irritación ocular: Consultar a un médico. P362 Quitar la ropa contaminada.</p> <p>P370 + P378 En caso de incendio: Utilizar arena seca, producto químico seco o espuma resistente al alcohol para la extinción.</p> <p>P403 + P235 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco. P405 Guardar bajo llave.</p> <p>P501 Eliminar el contenido/ el recipiente.</p>
<p>Consejos de prudencia</p>	<p>Prevención: Leer las instrucciones y precauciones antes de manipular el producto. Conservar únicamente en el recipiente original. Lavarse después de la manipulación. Utilizar en un lugar ventilado. Usar guantes/ropa protectora/equipo de protección para los ojos/la cara.</p> <p>Respuesta: Si se ingiere, enjuagar la boca con abundante agua. Llamar a un médico. En caso de irritación cutánea: Lavar inmediatamente durante 15 minutos, consultar a un médico. En caso de contacto con los ojos: Enjuagar inmediatamente durante 15 minutos. Consultar a un médico. En caso de inhalación: retirarse al aire fresco. Si la persona no respira,</p>

	<p>dar respiración artificial. Si la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Consiga atención médica.</p>
	<p>Almacenamiento: Almacenar en un recipiente que sea apropiado y proteja del daño físico. Mantenga fuera de la luz solar directa, lejos del calor y materiales incompatibles. Mantener el producto en su envase original.</p>
	<p>Eliminación: Eliminar el recipiente en una planta de tratamiento de residuos aprobada, con las características del producto en el momento de su eliminación.</p>
<b>SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes</b>	
Sustancia	<p>Denominación: Acetato de n-butilo. Sinónimos: BUTIL ACETATO, ESTER BUTÍLICO, ETANOATO DE BUTILO. No. CAS: 123-86-4</p>
<b>SECCIÓN 4. Primeros auxilios</b>	
4.1 Descripción de los primeros auxilios	<p>Inhalación: En caso de inhalación retirarse al aire fresco. Si la persona no respira o la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Busque atención médica.</p> <p>Lave la piel inmediatamente con agua abundante por lo menos 15 minutos. Quítese la ropa y</p> <p>Contacto con la piel : Zapatos contaminados. Busque atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo.</p> <p>Contacto con los ojos: Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica.</p> <p>Ingestión: Si se ingiere, enjuagar la boca con abundante agua. Si ocurre vómito, mantenga la cabeza más abajo que las caderas para evitar la aspiración a los pulmones. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente.</p>
4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados	N/D
4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente	<p>No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta). Se recomienda el tratamiento sintomático. Los síntomas pueden ser retardados.</p>
<b>SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios</b>	

<p>5.1 Medios de extinción</p>	<p>Adecuados Producto químico seco, espuma resistente al alcohol, anhídrido carbónico. Usar el medio de extinción adecuado de acuerdo con los demás materiales del entorno. Inadecuados No utilizar chorro directo de agua ya que puede dispersar y extender el incendio.</p>
<p>5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla Inflamable.</p>	<p>Combustible Los vapores pueden provocar una inflamación de forma instantánea. Productos de combustión peligrosos: En un incendio pueden formarse gases peligrosos para la salud.</p>
<p>5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios</p>	<p>Protección en caso de incendio: Los bomberos o el personal capacitado deben utilizar equipo de protección estándar incluyendo, chaqueta ignífuga, casco con pantalla, guantes, botas de goma y en caso de espacios cerrados, equipo autónomo de respiración. Procedimientos especiales: En el evento de un fuego, vestir protectores completos y aparato respiratorio autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva. La ropa protectora de los bomberos debe ser efectiva para incendios donde está presente este material. Evite que el agua de extinción del fuego afecte el entorno.</p>
<p><b>SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental</b></p>	
<p>6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia</p>	<p>Precauciones personales: Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Elimine todas las fuentes de ignición. Use el equipo de protección personal apropiado. Aísle el área de peligro. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido. Precauciones relativas al medio ambiente: No elimine en los drenajes ni a cursos de agua o suelo. Métodos y materiales para la contención y limpieza de derrames o fugas: Contenga y recupere en cuanto sea posible, colóquelo en un recipiente adecuado, etiquetado claramente para desechos químicos. Use el equipo de protección personal apropiado. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido.</p>
<p><b>SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento</b></p>	
<p>7.1 Precauciones para una manipulación segura</p>	<p>Manipulación: Utilizar un equipo de protección, según corresponda. Evitar el contacto en la piel, ojos y la ropa. Lavarse las manos a fondo después de manipular el producto. No comer, beber y fumar durante la utilización del producto. Quitarse la ropa y el equipo de protección personal contaminada al abandonar el área de trabajo o al ingresar a áreas destinadas al consumo de alimentos. Debe haber una ventilación general adecuada. Si es posible, use campana de extracción.</p>

	Manipule los envases vacíos con cuidado porque los residuos son tóxicos.
7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades	Mantener el envase cerrado herméticamente. Consérvase únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y ventilado. Almacenar alejado de agentes oxidantes fuertes, bases fuertes o productos que promuevan una reacción exotérmica.
<b>SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual</b>	
<b>8.1 Parámetros de control</b>	
Controles técnicos apropiados:	
En caso de que la concentración se encuentre cerca de los límites de exposición, apoyarse de un sistema de ventilación como puede ser una campana de extracción o algún sistema de extracción o venteo local. Evitar contacto directo con el producto.	
Parámetros de control:	
Límites de exposición laboral:	
ACETATO DE n-BUTILO (CTT 200 ppm, 950 mg/m <sup>3</sup> ) (CPT 150 ppm 710 mg/m <sup>3</sup> ) Norma Oficial Mexicana NOM-010STPS-1999, Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Manejen, Transporten, Procesen o Almacenen Sustancias Químicas Capaces de Generar Contaminación en el Medio Ambiente Laboral.	
Medidas de protección individual (equipo de protección personal):	
Protección de los ojos/la cara:	
Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completo donde el contacto no sea posible. Los lentes de contacto no deberían ser usados cuando se trabaje con este material.	
Protección de la	
piel: Usar ropa de protección adecuada y guantes de hule resistentes para evitar el contacto. En caso de contacto, lavarse rápidamente. Lavar la ropa y limpiar el equipo contaminado antes de usarlo de nuevo.	
Protección de las vías respiratorias:	
Si se excede el límite de exposición, se puede usar un respirador semifacial contra polvos/neblinas hasta diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de utilización que especifica el organismo de control apropiado o el fabricante del respirador, lo que sea más bajo. Se puede usar un respirador facial.	
<b>SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas</b>	
Apariencia	Líquido
Punto de fusión	-78°C
Punto de ebullición	126°C
Velocidad de evaporación	1
Inflamabilidad	Líquido inflamable
Límite superior de inflamabilidad	7,50%
Presión de vapor	1,5kPa
Densidad de vapor	4
Densidad relativa	0,88
Solubilidad	10g/l
Temperatura de ignición espontánea	425°C
<b>SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad</b>	

<p>Reactividad: No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal. Estabilidad química El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsible de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación. Posibilidad de reacciones peligrosas: La polimerización peligrosa no ocurre. No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal. Condiciones que deberán evitarse: Contacto con materiales incompatibles. Almacenar alejado de agentes oxidantes fuertes, bases fuertes o productos que promuevan una reacción exotérmica.</p>
<p><b>SECCIÓN 11. Información toxicológica</b></p>
<p>Toxicidad aguda Toxico si se inhala, puede causar irritación respiratoria, puede provocar somnolencia o vértigo. Corrosión/irritación cutánea Lesión ocular grave/irritación ocular. Sensibilización respiratoria o cutánea. Mutagenicidad en células germinales. Puede causar irritación cutánea. Provoca irritación ocular. No se conocen efectos significativos o riesgos de sensibilización respiratoria o cutánea. No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como mutágeno en células germinales. Carcinogenicidad No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como carcinógeno.</p>
<p><b>SECCIÓN 12. Información ecológica</b></p>
<p>Movilidad en el suelo: No hay datos disponibles sobre la bioacumulación o degradabilidad del producto.  Otros efectos adversos: Se espera que sea muy tóxico para los organismos acuáticos. Puede causar efectos adversos a largo plazo en el medio ambiente. Grandes cantidades del producto pueden afectar el pH del agua, con el riesgo de efectos nocivos para los organismos acuáticos.</p>
<p><b>SECCIÓN 13. Información relativa a la eliminación de los productos</b></p>
<p>Métodos de eliminación: Generales: Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. No se deben utilizar los sistemas de alcantarillado de aguas residuales para deshacerse de cantidades significativas de desechos del producto, debiendo ser estos procesados en una planta de tratamiento de efluentes apropiada. La eliminación del producto sobrante y no reciclable debe realizarse a través del confinamiento de los residuos para su eliminación. La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales. Especiales: Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. Los envases residuales deben reciclarse; deben ser vaciados de forma óptima para que tras un lavado correspondiente puedan reutilizarse. Sólo se deben contemplar la incineración o el enterramiento cuando el reciclaje no sea factible. Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. Deben tomarse precauciones cuando se manipulen recipientes vaciados que no hayan sido limpiados o enjuagados. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto. El vapor procedente de residuos del producto puede crear una atmósfera altamente inflamable o explosiva en el interior del recipiente. No cortar, soldar ni esmerilar recipientes usados salvo que se hayan limpiado a fondo por dentro. Evitar la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas.</p>
<p><b>SECCIÓN 14. Información relativa a la eliminación de los productos</b></p>
<p>Precauciones especiales para el usuario: Las disposiciones concernientes a las mercancías que se deben cumplir dentro de las instalaciones laborales.</p>
<p><b>SECCIÓN 16. Otra información</b></p>
<p>La información se considera correcta, pero no es exhaustiva y se utilizará únicamente como orientación, la cual está basada en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto.  La información aquí contenida está basada en el conocimiento y experiencia actuales; no se acepta ninguna responsabilidad si es insuficiente o correcta en todos los casos. El usuario debe considerar estos datos como suplemento únicamente de otra información que haya obtenido por su propia experiencia para garantizar el uso y la eliminación apropiados de estos materiales, la seguridad y salud de empleados y clientes, así como la protección del medio ambiente.</p>

# ANEXO II

## PLANIMETRÍA



**ANEXO II: PLANIMETRÍA**