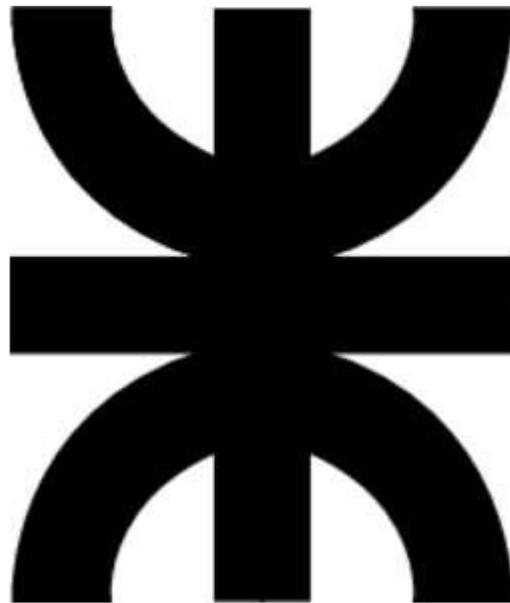


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A
PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Avaro, Valentin
Bruno, Sofia
Peano, Emanuel Martín
Saab, Emanuel Damián

Proyecto final de grado de Ingeniería Química
2023

Firma de los alumnos:

Avaro, Valentin

Firma:

DNI: 40.419.035

Bruno, Sofia

Firma:

DNI: 39.473.482

Peano, Emanuel Martín

Firma:

DNI: 39.022.820

Saab, Emanuel Damián

Firma:

DNI: 40.678.645

Aceptado por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María el día del mes de del año

APROBADA POR SU CONTENIDO Y ESTILO

Presidente del Tribunal:

Primer Miembro Vocal:

Segundo Miembro Vocal:

Nota final de aprobación:

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

AGRADECIMIENTOS

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Resumen

El siguiente proyecto se basa en el estudio técnico-económico con objetivo de evaluar la factibilidad de instalar una planta dedicada a la producción de acetona y fenol a partir propano-propileno. Involucra el estudio de mercado, que brinda información acerca de los consumidores potenciales de los productos, la descripción de las distintas opciones viables de producción y posterior selección del proceso más apto para su elaboración. Además, se realiza un análisis de indicadores económicos financieros que determinan la viabilidad del proyecto e influyen al momento de instalar la planta en Ensenada, Argentina. Es necesario realizar, por otra parte, los balances de masa y energía que son utilizados como entrada para el diseño y adopción óptima de los equipos involucrados.

La principal aplicación del fenol es la producción de Bisfenol A, a partir del cual se obtiene el policarbonato. Con respecto a la acetona, sus principales usos son como producto químico intermedio, solvente y agente de flotación.

El proceso Hock es el método que se elige para obtener el fenol y la acetona, y se detalla en el presente proyecto final de grado.

Palabras claves

acetona, benceno, cumeno, fenol, Hock, propileno

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla de contenidos

Listado de abreviatura	23
1. Fundamentos y objetivos	27
1.1. Generalidades del proyecto	27
1.2. Objetivos generales	27
1.3. Objetivos específicos	28
2. Descripción de materias primas, productos e insumos	30
2.1. Introducción	30
2.2. Materias primas	30
2.2.1. Benceno	30
2.2.2. Propileno	32
2.2.3. Impureza: propano	34
2.2.4. Mezcla propileno-propano	35
2.3. Productos	36
2.3.1. Fenol	36
2.3.2. Acetona	39
2.4. Insumos	40
2.4.1. Aire	40
2.4.2. Catalizador: zeolita	41
2.4.3. Ácido sulfúrico	43
3. Estudio de mercado	46
3.1. Introducción	46
3.2. Mercado de los productos	46
3.2.1. Fenol	46
3.2.2. Acetona	48
3.3. Producción nacional de fenol y acetona	51
3.4. Demanda insatisfecha	55
3.5. Proyección de la demanda nacional del fenol y la acetona	57
3.6. Mercado nacional de la materia prima	59

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

3.7.	Mercado previsto	61
3.8.	Análisis FODA	61
4.	Localización de la planta.....	64
4.1.	Introducción	64
4.2.	Macro localización	64
4.2.1.	Disponibilidad de materias primas	65
4.2.2.	Disponibilidad de zonas de consumo o mercados	65
4.2.3.	Disponibilidad de transportes.....	67
4.3.	Micro localización	68
4.3.1.	Mano de obra disponible	69
4.3.2.	Parques industriales	70
4.4.	Características del terreno y disponibilidad de servicios	71
5.	Capacidad de la planta	73
5.1.	Introducción	73
5.2.	Determinación de la capacidad óptima	73
5.3.	Conclusión.....	77
6.	Procesos de producción y selección del proceso.....	79
6.1.	Introducción	79
6.2.	Métodos de obtención	79
6.2.1.	Fenol	79
6.2.2.	Acetona	85
6.3.	Proceso seleccionado: proceso Hock	88
6.3.1.	Descripción del proceso	89
6.4.	Diagrama de flujo.....	93
7.	Balance de masa y energía	95
7.1.	Introducción	95
7.2.	Balance de masa.....	95
7.2.1.	Sección 100: obtención de cumeno purificado.....	95
7.2.2.	Sección 200: oxidación de cumeno a hidroperóxido de cumeno técnico.....	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

7.2.3. Sección 300: descomposición del HPC, separación y purificación de los productos de la reacción.....	95
7.3. Balance de energía.....	95
7.3.1. Sección 100: obtención de cumeno purificado.....	95
7.3.2. Sección 200: oxidación de cumeno a hidroperóxido de cumeno técnico.....	95
7.3.3. Sección 300: descomposición del HPC, separación y purificación de los productos de la reacción.....	95
8. Diseño y adopción de equipos de proceso.....	95
8.1. Introducción.....	95
8.2. Diseño de tanques para el almacenamiento de materias primas, productos finales, subproductos e insumos	95
8.2.1. Tanque de almacenamiento de benceno fresco, TK-01	95
8.2.2. Tanque de almacenamiento de propano-propileno, TK-02	95
8.2.3. Tanque de almacenamiento de fenol comercial, TK-03	95
8.2.4. Tanque de almacenamiento de acetona comercial, TK-04	95
8.2.5. Tanque de almacenamiento de DIPB, TK-05.....	95
8.2.6. Tanque de almacenamiento de alquitrán de fenol, TK-06.....	95
8.2.7. Tanque de almacenamiento de AMS, TK-07	95
8.2.8. Tanque de almacenamiento de H ₂ SO ₄ al 98%, TK-08.....	95
8.3. Diseño de destiladores flash.....	95
8.4. Diseño de columnas de destilación.....	95
8.5. Diseño de intercambiadores de calor.....	95
8.6. Reactores	95
8.6.1. Reactor de alquilación	95
8.6.2. Reactor tipo tanque agitado.....	95
8.6.3. Reactor de oxidación de cumeno.....	95
8.6.4. Reactor de escisión	95
8.7. Bombas	95
8.8. Adopción y dimensionamiento de equipos para la sección 100	95
8.8.1. Adopción de válvula reguladora de presión para EX-101	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

8.8.2.	Adopción de mezclador estático para M-102	95
8.8.3.	Destiladores flash	95
8.8.4.	Reactor de alquilación	95
8.8.5.	Intercambiadores de calor	95
8.8.6.	Columnas de destilación, condensadores y rehervidores	95
8.8.7.	Adopción de bombas	95
8.9.	Adopción y dimensionamiento de equipos para la sección 200	95
8.9.1.	Adopción del compresor de aire K-201	95
8.9.2.	Adopción de válvula reguladora de presión para EX-201	95
8.9.3.	Destiladores flash	95
8.9.4.	Reactores de oxidación	95
8.9.5.	Intercambiadores de calor	95
8.9.6.	Columnas de destilación, condensadores y rehervidores	95
8.9.7.	Adopción de bombas	95
8.10.	Adopción y dimensionamiento de equipos para la sección 300.....	95
8.10.1.	Reactor de escisión.....	95
8.10.2.	Intercambiador de calor.....	95
8.10.3.	Columnas de destilación, condensadores y rehervidores.....	95
8.10.4.	Adopción de bombas	95
9.	Servicios Auxiliares.....	97
9.1.	Introducción.....	97
9.2.	Agua de enfriamiento.....	97
9.2.1.	Adopción de la torre de enfriamiento	98
9.2.2.	Bombas para el transporte de agua.....	99
9.2.3.	Adopción de tanques de almacenamiento de agua	100
9.2.4.	Tanque de agua para usos generales	101
9.3.	Aire.....	102
9.4.	Vapor.....	103
10.	Gestión de calidad	106

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

10.1.	Introducción	106
10.2.	Control de materias primas	106
10.3.	Control de proceso.....	108
10.4.	Sistema de control del producto terminado	116
10.5.	Procedimiento de control de producto no conforme (ISO 9001)	118
10.6.	Registros.....	118
10.6.1.	Registros para materias primas.....	118
10.6.2.	Registros de control de procesos	119
10.6.3.	Registros para productos	119
10.7.	Instrumentos	120
10.7.1.	Determinación de grado de pureza de un compuesto por cromatografía gaseosa, TA-LAB-001.....	120
10.7.2.	Determinación de la densidad TA-LAB-002.....	121
11.	Tratamiento de efluentes.....	124
11.1.	Introducción	124
11.2.	Tipos de tratamientos de efluentes.....	124
11.2.1.	Tratamientos físicos	125
11.2.2.	Tratamientos químicos.....	126
11.2.3.	Tratamientos biológicos	126
11.3.	Normativa sobre el vertido de efluentes	128
11.4.	Caracterización de los efluentes de la planta	129
11.4.1.	Efluentes gaseosos.....	130
11.4.2.	Efluentes líquidos.....	130
11.4.3.	Residuos sólidos.....	131
11.5.	Selección del método de tratamiento de efluentes	132
11.5.1.	Tratamiento de residuos gaseosos	132
11.5.2.	Tratamiento de residuos líquidos	135
11.5.3.	Tratamiento de residuos sólidos.....	136
12.	Obras civiles	138

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

12.1.	Introducción	138
12.2.	Descripción general del establecimiento	138
12.3.	Distribución física de la planta.....	140
12.3.1.	Portería	140
12.3.2.	Estacionamiento	140
12.3.3.	Baños y vestuarios.....	141
12.3.4.	Comedor.....	141
12.3.5.	Sala de control y oficinas de producción y calidad	141
12.3.6.	Oficinas administrativas	142
12.3.7.	Laboratorio.....	142
12.3.8.	Taller de mantenimiento.....	142
12.3.9.	Playa de tanques	143
12.3.10.	Sala de calderas	143
12.3.11.	Plataforma de torres de enfriamiento	143
13.	Instalaciones eléctricas	145
13.1.	Introducción	145
13.2.	Descripción de elementos en una instalación eléctrica.....	145
13.3.	Consumo de energía eléctrica de los equipos de proceso	149
13.4.	Determinación del nivel de iluminación requerido para cada ambiente	150
13.5.	Adopción de tipos de luminarias.....	151
13.6.	Cálculo para determinar el número de lámparas requeridas	152
13.6.1.	Iluminación interior	152
13.6.2.	Iluminación exterior	155
13.6.3.	Consumo total de energía eléctrica del sistema de iluminación.....	156
13.7.	Consumo total de energía eléctrica de la planta.....	156
14.	Control automático de procesos.....	158
14.1.	Introducción y fundamentos del control automático de procesos.....	158
14.2.	Control automático	158
14.2.1.	Control automático del reactor de la sección 100.....	159

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

14.3.	P&ID	160
14.4.	Hojas de especificación de los instrumentos	161
15.	Higiene y seguridad industrial	168
15.1.	Introducción	168
15.2.	Marco legal	168
15.2.1.	Derechos y obligaciones que le corresponden a los trabajadores	169
15.2.2.	Derechos y obligaciones que le corresponden a los empleadores	169
15.3.	Política ambiental, de seguridad y salud en el trabajo	171
15.4.	Gestión de higiene y seguridad	172
15.5.	Estructura del Dpto. de SHyA.....	172
15.5.1.	Responsabilidades del Dpto. de SHyA.....	172
15.6.	Seguridad en el diseño.....	173
15.6.1.	Diseño del proceso	173
15.6.2.	Diseño de equipos	173
15.6.3.	Metalurgia	173
15.6.4.	Obras civiles y estructurales	174
15.6.5.	Instalaciones eléctricas	174
15.7.	Seguridad en la construcción de la planta	175
15.8.	Seguridad en la puesta en marcha.....	176
15.9.	Seguridad en la operación	176
15.10.	Seguridad en el mantenimiento.....	176
15.11.	Orden y limpieza	177
15.12.	Seguridad en la señalización de la planta	177
15.13.	Equipos y elementos de protección personal	181
15.14.	Protección contra incendios	184
15.15.	Parada de planta.....	187
15.16.	Servicio de medicina laboral.....	187
15.17.	Selección y capacitación del personal.....	187
15.17.1.	Plan de emergencia y evacuación.....	188

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

15.18.	Seguridad medioambiental.....	189
15.18.1.	Política medioambiental	189
15.19.	Manipulación de sustancias del proceso	189
16.	Organización industrial.....	192
16.1.	Introducción	192
16.2.	Naturaleza jurídica	192
16.3.	Estructura organizativa.....	193
16.3.1.	Organización jerárquica	193
16.4.	Organización de la empresa.....	194
16.5.	Descripción de funciones por puesto.....	198
16.5.1.	Gerente general	198
16.5.2.	Departamento de producción	198
16.5.3.	Departamento de administración.....	199
16.5.4.	Departamento de calidad	200
16.5.5.	Departamento de recursos humanos	201
16.5.6.	Departamento de mantenimiento	201
16.5.7.	Departamento de seguridad e higiene.....	202
16.5.8.	Departamento de logística	203
16.6.	Organización de la producción y turnos de trabajo.....	204
17.	Estudio económico-financiero	207
17.1.	Introducción	207
17.2.	Inversión	208
17.2.1.	Activos fijos.....	208
17.2.2.	Activos nominales	212
17.2.3.	Capital de trabajo.....	214
17.2.4.	Inversión total del proyecto	214
17.3.	Ingreso por ventas	214
17.4.	Costos de producción.....	216
17.4.1.	Costos variables o directos	216

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

17.4.2.	Costos fijos o indirectos	217
17.5.	Costos totales de producción	221
17.6.	Evaluación económica del proyecto	222
17.6.1.	Estado de resultados	222
17.6.2.	Valor Actual Neto (VAN).....	225
17.6.3.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	225
17.6.4.	Período de recupero de la inversión (PRI)	225
17.7.	Análisis de sensibilidad	226
17.7.1.	Variación de la TIR con el precio de venta	227
17.7.2.	Variación de la TIR con el precio de mano de obra	227
17.7.3.	Variación de la TIR con el precio de materia prima	227
17.7.4.	Variación de la TIR con el precio de energía eléctrica.....	228
17.7.5.	Variación de la TIR con el precio de gas	228
17.8.	Conclusiones	228
18.	Conclusiones.....	230
19.	Bibliografía	232
Anexo 1:	Fichas de datos de seguridad	237
Anexo 2:	Lista de codificación de corrientes	263

Índice de figuras

Figura 2.1: Estructura química del benceno..... 30

Figura 2.2: Estructura química de propileno..... 32

Figura 2.3: Estructura química del propano. 34

Figura 2.4: Estructura química del fenol..... 36

Figura 2.5: Efecto del agua sobre el punto de solidificación del fenol. 37

Figura 2.6: Miscibilidad de fenol y agua. 37

Figura 2.7: Cadena de valor del mercado petroquímico para la producción de fenol y acetona.
..... 38

Figura 2.8: Estructura química de acetona..... 39

Figura 3.1: Consumo mundial de fenol, año 2022..... 47

Figura 3.2: Consumo mundial de acetona, año 2022..... 49

Figura 3.3: Estructura del mercado local del fenol, año 2021..... 51

Figura 3.4: Estructura del mercado local de la acetona, año 2021..... 51

Figura 3.5: Importaciones de fenol..... 52

Figura 3.6: Principales países exportadores de fenol a Argentina..... 52

Figura 3.7: Importaciones de acetona..... 53

Figura 3.8: Principales países exportadores de acetona a Argentina..... 53

Figura 3.9: Exportaciones de fenol..... 54

Figura 3.10: Exportaciones de acetona..... 55

Figura 3.11: Demanda insatisfecha de fenol. 56

Figura 3.12: Demanda insatisfecha de acetona. 57

Figura 3.13: Proyección de la demanda nacional de fenol. 58

Figura 3.14: Proyección de la demanda nacional de acetona. 59

Figura 3.15: Mercado nacional del propileno. 60

Figura 3.16: Mercado nacional del benceno. 61

Figura 4.1: Mapa de red vial troncal de Argentina..... 67

Figura 4.2: Demarcación de la ciudad de Ensenada, Pcia. de Buenos Aires, Argentina. 68

Figura 4.3: Visualización de la relativa cercanía del CIE con el Puerto La Plata. 69

Figura 4.4: Mapa de los parques industriales existentes en Argentina..... 70

Figura 4.5: Parques industriales cerca de Ensenada. 70

Figura 4.6: Demarcación del loteo correspondiente al Consorcio Industrial Ensenada. 71

Figura 4.7: Plano de parcelas. 71

Figura 5.1: Proyección de la demanda nacional de fenol..... 74

Figura 5.2: Proyección de la demanda nacional de acetona..... 75

Figura 5.3: Reacción global. 77

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Figura 6.1: Reacción de sulfonación del benceno y formación del bencensulfonato de sodio.	80
Figura 6.2: Reacciones de formación de fenol a partir de bencensulfonato de sodio.	81
Figura 6.3: Reacción global del proceso Dow.	81
Figura 6.4: Reacción global del proceso Raschig-Hooker.	82
Figura 6.5: Reacción global del proceso tolueno.	83
Figura 6.6: Proceso de obtención del cumeno.	84
Figura 6.7: Reacción global del proceso Hock.	84
Figura 6.8: Reacción del propileno.	86
Figura 6.9: Reacción del ácido acético	86
Figura 6.10: Esquema del proceso de producción de acetona a partir de isopropanol.	86
Figura 6.11: Esquema de la reacción de producción de acetona a partir de la oxidación de isopropanol.	87
Figura 6.12: Esquema de la reacción de producción de acetona a partir de propeno	87
Figura 6.13: Esquema de la reacción de obtención de acetona a partir de la oxidación de p-diisopropil benceno.	88
Figura 6.14: Reacción de acetato de calcio	88
Figura 6.15: Diagrama de flujo.	93
Figura 7.1: Sección 100.	95
Figura 7.2: Sección 200.	95
Figura 7.3: Sección 300.	95
Figura 7.4: Unidad de mezclado.	95
Figura 7.5: Mezclador estático.	95
Figura 7.6: Reactor de alquilación, R-101.	95
Figura 7.7: Destilador flash, F-101.	95
Figura 7.8: Destilador flash, F-102.	95
Figura 7.9: Unión de cañerías, M-103.	95
Figura 7.10: Columna de destilación de benceno, C-101.	95
Figura 7.11: Columna de destilación de cumeno, C-102.	95
Figura 7.12: Unión de cañerías, M-202.	95
Figura 7.13: Destilador flash, F-201.	95
Figura 7.14: Primer reactor de oxidación, R-201.	95
Figura 7.15: Destilador flash, F-202.	95
Figura 7.16: Segundo reactor de oxidación, R-202.	95
Figura 7.17: Destilador flash, F-203.	95
Figura 7.18: Tercer reactor de oxidación, R-203.	95
Figura 7.19: Destilador flash, F-204.	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Figura 7.20: Destilador flash, F-205.....	95
Figura 7.21: Columna de destilación de HPC, C-201.....	95
Figura 7.22: Separador, V-201.....	95
Figura 7.23: Unión de cañerías, M-204.....	95
Figura 7.24: Unión de cañerías, M-203.....	95
Figura 7.25: Unión de cañerías, M-201.....	95
Figura 7.26: Unión de cañerías, D-201.....	95
Figura 7.27: Reactor de escisión, R-301.....	95
Figura 7.28: Columna de destilación de separación fenol-acetona, C-301.....	95
Figura 7.29: Columna de destilación de acetona comercial, C-302.....	95
Figura 7.30: Columna de destilación de fenol comercial, C-303.....	95
Figura 7.31: Columna de destilación de AMS, C-304.....	95
Figura 7.32: Columna de destilación, C-101.....	95
Figura 7.33: Columna de destilación, C-102.....	95
Figura 7.34: Intercambiador de calor, E-101.....	95
Figura 7.35: Intercambiador de calor, E-102.....	95
Figura 7.36: Intercambiador de calor, E-103.....	95
Figura 7.37: Intercambiador de calor, E-201.....	95
Figura 7.38: Intercambiador de calor E-202.....	95
Figura 7.39: Intercambiador de calor, E-203.....	95
Figura 7.40: Intercambiador de calor, E-204.....	95
Figura 7.41: Intercambiador de calor, E-205.....	95
Figura 7.42: Intercambiador de calor, E-206.....	95
Figura 7.43: Intercambiador de calor, E-207.....	95
Figura 7.44: Columna de destilación, C-201.....	95
Figura 7.45: Intercambiador de calor, E-301.....	95
Figura 7.46: Columna de destilación, C-301.....	95
Figura 7.47: Columna de destilación, C-302.....	95
Figura 7.48: Columna de destilación, C-303.....	95
Figura 7.49: Columna de destilación, C-304.....	95
Figura 8.1: Esquema a modo ilustrativo de diseño tanque flash.....	95
Figura 8.2: Capacidad de inundación, platos perforados (tensión superficial = 20 dinas/cm).	95
Figura 8.3: Esquema de las partes de un tanque agitado.....	95
Figura 9.1: Esquema de módulo SINAX para torre de enfriamiento.....	98
Figura 9.2: Bomba sumergible.....	99
Figura 9.3: Tanques ROTOPLAS.....	101

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Figura 9.4: Compresor de aire.	102
Figura 9.5: Caldera humotubular FONTANET	104
Figura 11.1: Antorcha de llama cerrada.	133
Figura 11.2: Esquema estructural de antorcha de llama cerrada.	134
Figura 11.3: Filtros de carbón activado.	134
Figura 11.4: Esquema ilustrativo de filtro de carbón activado y su funcionamiento.	135
Figura 11.5: Separador de hidrocarburos.....	136
Figura 11.6: Clasificación de residuos por color según su tipo.....	136
Figura 12.1: Distribución general de la planta.	140
Figura 13.1: Dimensiones del local.	153
Figura 13.2: Tabla para cálculo de F_u	154
Figura 14.1: P&ID de la sección 100.....	161
Figura 14.2: Transmisor de temperatura.	162
Figura 14.3: Transmisor de caudal.....	163
Figura 14.4: Transmisor de nivel.....	163
Figura 14.5: Válvula modulante.	164
Figura 14.6: Variador de frecuencia.	165
Figura 14.7: Transmisor de presión.	165
Figura 14.8: Switch de nivel.	166
Figura 15.1: Señales de prohibición.....	178
Figura 15.2: Señales de advertencia.....	179
Figura 15.3: Señales de obligación.	179
Figura 15.4: Señales de auxilio o evacuación.	180
Figura 15.5: Señales de elementos de lucha contra incendios.....	180
Figura 15.6: Modelos típicos de Tarjetas de Seguridad.	181
Figura 15.7: Pintado de cañerías, según Norma IRAM 2507.	181
Figura 15.8: Clase de fuego y agentes extintores.	186
Figura 16.1: Organigrama empresarial.	195

Índice de tablas

Tabla 2.1: Propiedades físicas y químicas del benceno.....	30
Tabla 2.2: Ficha técnica benceno - N°551800.	31
Tabla 2.3: Propiedades físicas y químicas del propileno.....	32
Tabla 2.4: Propiedades físicas y químicas del propano.	34
Tabla 2.5: Propiedades físicas y químicas de la mezcla propileno-propano.....	35
Tabla 2.6: Ficha técnica propano-propileno - N°511100.	35
Tabla 2.7: Propiedades físicas y químicas del fenol.....	36
Tabla 2.8: Mezclas azeotrópicas con fenol.	37
Tabla 2.9: Propiedades físicas y químicas de la acetona.....	39
Tabla 2.10: Composición del aire puro.....	41
Tabla 2.11: Propiedades físicas y químicas del H ₂ SO ₄	44
Tabla 3.1: Importaciones de fenol.....	51
Tabla 3.2: Importaciones de acetona.....	53
Tabla 3.3: Exportaciones de fenol.....	54
Tabla 3.4: Exportaciones de acetona.....	54
Tabla 3.5: Demanda insatisfecha de fenol.	55
Tabla 3.6: Demanda insatisfecha de acetona.	56
Tabla 3.7: Proyección de la demanda nacional de fenol.	57
Tabla 3.8: Proyección de la demanda nacional de acetona.	58
Tabla 3.9: Mercado nacional del propileno.....	60
Tabla 3.10: Mercado nacional del benceno.....	61
Tabla 4.1: Capacidades instaladas de benceno y propileno por localización.	65
Tabla 4.2: Mercado nacional de fenol y acetona.....	66
Tabla 4.3: Universidades en Ensenada.....	69
Tabla 5.1: Proyección de la demanda nacional de fenol.	73
Tabla 5.2: Proyección de la demanda nacional de acetona.	74
Tabla 7.1: Producción estimada.....	95
Tabla 7.2: Equipos y corrientes implicadas en la producción.	95
Tabla 7.3: Equipos y corrientes implicadas en la producción.	95
Tabla 7.4: Balance de masa en mezclador M-101.	95
Tabla 7.5: Balance global de masa unidad de mezclado.	95
Tabla 7.6: Balance de masa en mezclador estático, M-102.	95
Tabla 7.7: Balance global de masa en mezclador estático, M-102.....	95
Tabla 7.8: Balance de masa en reactor de alquilación, R-101.	95
Tabla 7.9: Balance global de masa en reactor de alquilación, R-101.....	95
Tabla 7.10: Balance de masa en destilador flash, F-101.....	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 7.11: Balance global de masa en destilador flash, F-101.	95
Tabla 7.12: Balance de masa en destilador flash, F-102.....	95
Tabla 7.13: Balance global de masa en destilador flash, F-102.	95
Tabla 7.14: Balance de masa en M-103.....	95
Tabla 7.15: Balance global de masa en M-103.	95
Tabla 7.16: Balance de masa en columna de destilación de benceno, C-101.....	95
Tabla 7.17: Balance global de masa en columna de destilación de benceno, C-101.	95
Tabla 7.18: Balance de masa en columna de destilación de cumeno, C-102.....	95
Tabla 7.19: Balance global de masa en columna de destilación de cumeno, C-102.	95
Tabla 7.20: Balance de masa en M-202.....	95
Tabla 7.21: Balance global de masa en M-202.	95
Tabla 7.22: Balance de masa en destilador flash, F-201.....	95
Tabla 7.23: Balance global de masa en destilador flash, F-201.	95
Tabla 7.24: Balance de masa en primer reactor de oxidación, R-201.	95
Tabla 7.25: Balance global de masa en primer reactor de oxidación, R-201.....	95
Tabla 7.26: Balance de masa en destilador flash, F-202.....	95
Tabla 7.27: Balance global de masa en destilador flash, F-202.	95
Tabla 7.28: Balance de masa en segundo reactor de oxidación, R-202.....	95
Tabla 7.29: Balance global de masa en segundo reactor de oxidación, R-202	95
Tabla 7.30: Balance de masa en destilador flash, F-203.....	95
Tabla 7.31: Balance global de masa en destilador flash, F-203.	95
Tabla 7.32: Balance de masa en tercer reactor de oxidación, R-203.	95
Tabla 7.33: Balance global de masa en tercer reactor de oxidación, R-203.....	95
Tabla 7.34: Balance de masa en destilador flash, F-204.....	95
Tabla 7.35: Balance global de masa en destilador flash, F-204.	95
Tabla 7.36: Balance de masa en destilador flash, F-205.....	95
Tabla 7.37: Balance global de masa en destilador flash, F-205.	95
Tabla 7.38: Balance de masa en columna de destilación de HPC, C-201.....	95
Tabla 7.39: Balance global de masa en columna de destilación de HPC, C-201	95
Tabla 7.40: Balance de masa en separador, V-201.	95
Tabla 7.41: Balance global de masa en separador, V-201.....	95
Tabla 7.42: Balance de masa en M-204.....	95
Tabla 7.43: Balance global de masa en M-204.	95
Tabla 7.44: Balance de masa en M-203.....	95
Tabla 7.45: Balance global de masa en M-203.	95
Tabla 7.46: Balance de masa en M-201.....	95
Tabla 7.47: Balance global de masa en M-201.	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 7.48: Balance de masa en D-201.....	95
Tabla 7.49: Balance global de masa en D-201.....	95
Tabla 7.50: Balance de masa en reactor de escisión, R-301.	95
Tabla 7.51: Balance global de masa en reactor de escisión, R-301.....	95
Tabla 7.52: Balance de masa en columna de destilación de separación fenol-acetona, C-301.	95
Tabla 7.53: Balance global de masa en columna de destilación separación fenol-acetona, C- 301.	95
Tabla 7.54: Balance de masa en columna de destilación de acetona comercial, C-302.....	95
Tabla 7.55: Balance global de masa en columna de destilación acetona comercial, C-302.	95
Tabla 7.56: Balance de masa en columna de destilación de fenol comercial, C-303.....	95
Tabla 7.57: Balance global de masa en columna de destilación de fenol comercial, C-303.	95
Tabla 7.58: Balance de masa en columna de destilación de AMS, C-304.....	95
Tabla 7.59: Balance global de masa en columna de destilación de AMS, C-304.	95
Tabla 7.60: Balance global de masa en columna de destilación de AMS, C-304.	95
Tabla 7.61: Balance de energía columna C-101.	95
Tabla 7.62: Balance de energía, C-102.....	95
Tabla 7.63: Balance de energía, E-101.....	95
Tabla 7.64: Balance de energía, E-102.....	95
Tabla 7.65: Balance de energía, E-103.....	95
Tabla 7.66: Balance de energía, E-201.....	95
Tabla 7.67: Balance de energía E-202.....	95
Tabla 7.68: Balance de energía E-203.....	95
Tabla 7.69: Balance de energía E-204.....	95
Tabla 7.70: Balance de energía E-205.....	95
Tabla 7.71: Balance de energía E-206.....	95
Tabla 7.72: Balance de energía E-207.....	95
Tabla 7.73: Balance de energía columna C-201.	95
Tabla 7.74: Balance de energía E-301.....	95
Tabla 7.75: Balance de energía columna C-301.	95
Tabla 7.76: Balance de energía, C302.....	95
Tabla 7.77: Balance de energía C-303.	95
Tabla 7.78: Balance de energía C-304.	95
Tabla 8.1: Equipos para diseño y adopción.	95
Tabla 8.2: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-01.	95
Tabla 8.3: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-02.	95
Tabla 8.4: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-03.	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 8.5: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-04.	95
Tabla 8.6: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-05.	95
Tabla 8.7: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-06.	95
Tabla 8.8: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-07.	95
Tabla 8.9: Dimensionamiento y adopción del tanque TK-08.	95
Tabla 8.10: Valores de energías de activación y factor de frecuencia en la etapa de oxidación.	95
Tabla 8.11: Valores de energías de activación y factor de frecuencia en la etapa de descomposición.	95
Tabla 8.12: Modelo adoptado para EX-101.....	95
Tabla 8.13: Modelo adoptado para M-102.	95
Tabla 8.14: Diseño destilador flash, F-101.....	95
Tabla 8.15: Diseño destilador flash, F-102.....	95
Tabla 8.16: Diseño del reactor de alquilación, R-101.....	95
Tabla 8.17: Diseño del intercambiador E-101.	95
Tabla 8.18: Diseño del intercambiador E-102.	95
Tabla 8.19: Diseño del intercambiador E-103.	95
Tabla 8.20: Diseño de columna de destilación, C-101.	95
Tabla 8.21: Diseño del condensador C-101.....	95
Tabla 8.22: Diseño del rehervidor C-101.....	95
Tabla 8.23: Diseño de columna de destilación, C-102.	95
Tabla 8.24: Diseño del condensador C-102.	95
Tabla 8.25: Diseño del rehervidor C-102.....	95
Tabla 8.26: Bombas adoptadas en sección 100.....	95
Tabla 8.27: Continuación de bombas adoptadas en sección 100.....	95
Tabla 8.28: Continuación de bombas adoptadas en sección 100.....	95
Tabla 8.29: Continuación de bombas adoptadas en sección 100.....	95
Tabla 8.30: Características del compresor de aire adoptado.	95
Tabla 8.31: Modelo adoptado para EX-201.....	95
Tabla 8.32: Diseño del destilador flash, F-201.	95
Tabla 8.33: Diseño del destilador flash, F-202.	95
Tabla 8.34: Diseño del destilador flash, F-203.	95
Tabla 8.35: Diseño del destilador flash, F-204.	95
Tabla 8.36: Diseño del destilador flash, F-205.	95
Tabla 8.37: Diseño del separador vessel, V-201.....	95
Tabla 8.38: Diseño del reactor de oxidación, R-201.....	95
Tabla 8.39: Diseño del reactor de oxidación, R-202.....	95

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 8.40: Diseño del reactor de oxidación, R-203.....	95
Tabla 8.41: Diseño del intercambiador E-201.	95
Tabla 8.42: Diseño del intercambiador E-202.	95
Tabla 8.43: Diseño del intercambiador E-203.	95
Tabla 8.44: Diseño del intercambiador E-204.	95
Tabla 8.45: Diseño del intercambiador E-205.	95
Tabla 8.46: Diseño del intercambiador E-206.	95
Tabla 8.47: Diseño del intercambiador E-207.	95
Tabla 8.48: Diseño de columna de destilación, C-201.	95
Tabla 8.49: Diseño del condensador C-201.	95
Tabla 8.50: Diseño del rehervidor C-201.....	95
Tabla 8.51: Bombas adoptadas en sección 200.....	95
Tabla 8.52: Continuación de bombas adoptadas en sección 200.....	95
Tabla 8.53: Continuación de bombas adoptadas en sección 200.....	95
Tabla 8.54: Diseño del reactor de escisión, R-301.....	95
Tabla 8.55: Diseño del intercambiador de calor E-301.....	95
Tabla 8.56: Diseño de columna de destilación, C-301.	95
Tabla 8.57: Diseño del condensador C-301.....	95
Tabla 8.58: Diseño del rehervidor C-301.....	95
Tabla 8.59: Diseño de columna de destilación, C-302.	95
Tabla 8.60: Diseño del condensador C-302.	95
Tabla 8.61: Diseño del rehervidor C-302.....	95
Tabla 8.62: Diseño de columna de destilación C-303.	95
Tabla 8.63: Diseño del condensador C-303.	95
Tabla 8.64: Diseño del rehervidor C-303.....	95
Tabla 8.65: Diseño de columna de destilación C-304.	95
Tabla 8.66: Diseño del condensador C-304.....	95
Tabla 8.67: Diseño del rehervidor C-304.....	95
Tabla 8.68: Bombas adoptadas en sección 300.....	95
Tabla 8.69: Continuación de bombas adoptadas en sección 300.....	95
Tabla 8.70: Continuación de bombas adoptadas en sección 300.....	95
Tabla 9.1: Consumo de agua de enfriamiento por equipo.....	97
Tabla 9.2: Consumo de agua de enfriamiento por sección.....	98
Tabla 9.3: Característica del modelo EWB 580.....	98
Tabla 9.4: Característica de la bomba sumergible.	99
Tabla 9.5: Bomba adoptada para la torre de enfriamiento TE-201	99
Tabla 9.6: Usos del agua.	100

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 9.7: Dimensiones del tanque T-01.....	101
Tabla 9.8: Dimensiones del tanque T-02.....	102
Tabla 9.9: Consumo de vapor por equipo.	103
Tabla 9.10: Consumo total de vapor por sección.	103
Tabla 9.11: Características de la caldera marca FONTANET	104
Tabla 10.1: Control de materias primas.	107
Tabla 10.2: Control de materias primas.	107
Tabla 10.3: Planilla de control de campo.	109
Tabla 10.4: Control de productos.	117
Tabla 10.5: Registros de materias primas, benceno.	118
Tabla 10.6: Registros de materias primas, propano-propileno.	119
Tabla 10.7: Registros de control de procesos.	119
Tabla 10.8: Registros de productos, fenol.....	119
Tabla 10.9: Registros de productos, acetona.....	120
Tabla 10.10: Registros de productos, AMS.....	120
Tabla 11.1: Tratamientos según el nivel de depuración.	125
Tabla 11.2: Límites establecidos para el vertido de aguas a nivel nacional.....	128
Tabla 11.3: Corrientes que corresponden a efluentes por tratar.	129
Tabla 12.1: Ubicación de cada sector y área requerida por cada uno.....	139
Tabla 13.1: Consumo de energía eléctrica de los equipos de proceso.	149
Tabla 13.2: Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual (basa en Norma IRAM-AADL J 20-06).....	150
Tabla 13.3: Intensidad mínima de iluminación (basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)...	151
Tabla 13.4: Iluminarias adoptadas.	152
Tabla 13.5: coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo.	153
Tabla 13.6: Cantidad de lámparas adoptadas.....	154
Tabla 13.7: Cantidad de luminarias exteriores.	155
Tabla 13.8: Consumo total de energía eléctrica del sistema de iluminación.....	156
Tabla 13.9: Consumo total de energía eléctrica de la planta.....	156
Tabla 14.1: Hoja de especificación de transmisor de temperatura.	161
Tabla 14.2: Hoja de especificación de transmisor de caudal.....	162
Tabla 14.3: Hoja de especificación de transmisor de nivel.	163
Tabla 14.4: Hoja de especificación de válvula modulante.	163
Tabla 14.5: Hoja de especificación de variador de frecuencia.....	164
Tabla 14.6: Hoja de especificación de transmisor de presión.....	165
Tabla 14.7: Hoja de especificación de switch de nivel.....	165
Tabla 16.1: Personal involucrado por departamento.....	196

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 16.2: Horarios de turnos rotativos.	204
Tabla 16.3: Asignación de colores por turno.	204
Tabla 16.4: Distribución de turnos.....	204

Listado de abreviatura

C_{sb} : parámetro de capacidad en el punto de inundación

F_{MA} : flujo másico de alimentación

M_S : margen de seguridad

V_L : volumen de líquido

V_{TR} : volumen de tanque requerido

t_{RM} : tiempo de residencia máximo

μ : viscosidad cinemática

A: área de la sección transversal

a: largo de la superficie

ABS: acrilonitrilo-butadieno-estireno

$AlCl_3$: cloruro de aluminio

AMS: alfa metilestireno

A_o : constante de Arrhenius

AP: acetofenona

AS: análisis de sensibilidad

A_v : espacio de vapor como área de sección transversal

b: ancho de la superficie

BNA: Banco de la Nación Argentina

BPA: Bisfenol A

C: columna de destilación

CCT: Convenios Colectivos de Trabajo

CIE: Complejo Industrial Ensenada

Cont.: contenido

COV's: compuestos orgánicos volátiles

cP: centipoise

D: diámetro del recipiente

D_o : Magnitud del mercado actual.

D_a : diámetro del agitador

DIPB: diisopropilbenceno

DMBA: dimetil bencil alcohol

DMPC: dimetil fenil carbinol

D_n : tamaño óptimo

E: intercambiador de calor

E_a : energía de activación

F: separador flash

FATIQYP: Federación Argentina de Trabajadores Químicos y Petroquímicos

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

F_{IV} : proporción de efectos de energía cinética de líquido/vapor

F_m : factor de mantenimiento [adimensional]

FNE: Flujo Neto de Efectivo

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

F_u : factor de utilización [adimensional]

h : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

H: entalpía

HFC: hidrofluorocarburos

HPC: hidroperóxido de cumeno

I_L : flujo luminoso de la lámpara

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

IPA: Instituto Petroquímico Argentino

IVA: impuesto al valor agregado

K: coeficiente de utilización

k : índice del local

kcal: kilocaloría

kg: kilogramo

km: kilómetro

k_i : constante adimensional para tanques con cuatro placas deflectoras

K_v : función polinomial de la densidad del vapor y del líquido y de los flujos máxicos del vapor y del líquido.

kW: kilowatt

l: litro

L: tasa de flujo de líquido

LL: nivel de líquido

I_m : flujo luminoso

m: metro

M: mezclador

MIBK: metil isobutil cetona

M_i : peso molecular del líquido

MMA: metacrilato de metilo

M_v : peso molecular del vapor

n : número de revoluciones por minuto del agitador

n : período óptimo

N : vida útil del equipo

N_f : capacidad al final del período

N_i : capacidad en el momento inicial del período

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

P: bomba

p'_{O_2} : presión parcial de oxígeno en el reactor

Pcia.: provincia

PDC: peróxido de dicumilo

PFC: carburos perfluorados

PRFV: plásticos reforzados con vidrio

PRI: período de recupero de la inversión

PRODEPRO: Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores

Q_L : tasa de flujo volumétrico de líquido

Q_v : flujo volumétrico de vapor

R: desarrollo porcentual de la demanda; reactor

r : tasa de crecimiento estimada del mercado

Re: número de Reynolds

RENPI: Registro Nacional de Parques Industriales

rpm: revoluciones por minuto

S: superficie del sector a iluminar

sem.: semana

SPA: ácido fosfórico soportado sobre sílice

T: tiempo de retención

t : tiempo transcurrido entre i y f

t: tonelada

TE: torre de enfriamiento

TIR: tasa interna de retorno

TMAR: tasa mínima aceptable de rendimiento

$U_{n, \text{flooding}}$: velocidad de inundación del vapor

U_n : velocidad de vapor

USD: dólar estadounidense

V: tasa de flujo de vapor

VAN: valor actual neto

w: flujo másico de líquido

W: flujo másico del vapor

W_L : fluido líquido

W_V : fluido vapor

YPF: Yacimientos Petrolíferos Fiscales

α : exponente del factor escala

ρ : densidad; ρ_V : densidad del vapor; ρ_L : densidad del líquido; ρ_A : densidad de la alimentación

Φ_i : flujo de cada luminaria

CAPÍTULO 1:

GENERALIDADES DEL PROYECTO, OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1. Fundamentos y objetivos

1.1. Generalidades del proyecto

En el presente proyecto se evalúa la viabilidad técnica, económica y financiera de instalar en Argentina una planta productora de fenol y acetona a partir de benceno y propileno, con el fin de obtener productos competitivos en cuanto a precio y calidad. El interés de este proyecto se basa en poder abastecer al mercado nacional y sustituir las grandes importaciones, a razón de que en la actualidad no existe producción, al menos no de manera significativa, de estos productos.

Se analiza entonces, la situación del mercado nacional e internacional en forma global, obteniendo a partir de los datos actuales, estimaciones de las tendencias futuras de producción, consumo y precios tanto de la materia prima como de los productos, lo que conduce a la toma de decisiones más adecuadas acerca de la manera de llevar a cabo el proyecto en cuanto a la ubicación de la planta, los mercados proveedores y consumidores, e incluso, las cantidades de productos a elaborar. Para lo anterior, se considera un horizonte de diez años para el análisis técnico-económico-financiero, luego de cuantificar con relativa exactitud el monto de inversión requerido, el que permitirá evaluar la viabilidad económica del proyecto propuesto.

A continuación, se describe el proceso de producción de fenol y acetona, empleando el proceso Hock en una de las etapas de producción, teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas. En base a este último, se realiza, mediante la ingeniería básica y de detalle, el diseño de la planta de producción, donde, además, se busca un proceso seguro y con la menor cantidad de emisiones y efluentes posibles, cumpliendo con las legislaciones vigentes, tomando consciencia del potencial daño ambiental que tienen tanto las sustancias utilizadas como las generadas. El proceso Hock cuenta con insumos de un gas que contenga oxígeno, preferiblemente aire, y ácido sulfúrico, que son relativamente de bajo costo. Este proceso, fue descubierto de forma independiente por Heinrich Hock en 1944 en Alemania, y se basa en la oxidación de isopropilbenceno (cumeno) a hidroperóxido de cumeno en condiciones básicas que posteriormente se escinde en un medio ácido (ácido sulfúrico) obteniendo fenol y acetona en cantidad equimolar.

La acetona y el fenol son productos químicos básicos con muchos usos finales como en la industria farmacéutica, telefonía móvil e informática, producción de vehículos y aeronaves, materiales para la construcción, entre otras aplicaciones.

1.2. Objetivos generales

- ❖ Determinar y comprobar la viabilidad técnica, económica y financiera de llevar a cabo la instalación de una planta productora de fenol y acetona en Argentina.

- ❖ Desarrollar un proyecto que contemple los aspectos de contaminación ambiental, de fundamental importancia a nivel mundial.
- ❖ Definir cuáles son los procesos productivos involucrados, lo que le permitirá a la empresa desarrollar y utilizar las tecnologías y recursos necesarios.
- ❖ Integrar y aplicar los conocimientos y habilidades adquiridas durante el transcurso de la carrera para el desarrollo y confección del proyecto.

1.3. Objetivos específicos

- ❖ Brindar una descripción detallada de los productos a elaborar, destacando las características fisicoquímicas, sus aplicaciones en industrias de interés y usos generales.
- ❖ Realizar un estudio de mercado para poder determinar las características del mercado nacional e internacional de los productos y subproductos involucrados, incluida la materia prima, observando el consumo y evolución a través de los años hasta la actualidad.
- ❖ Evaluar la mejor ubicación, donde debería llevarse a cabo el proyecto, teniendo en cuenta la proximidad a proveedores y posibles clientes.
- ❖ Establecer la capacidad de producción óptima teniendo en cuenta la demanda y las limitaciones de producción.
- ❖ Analizar los diferentes procesos de producción con el fin de seleccionar el método más conveniente.
- ❖ Emplear la ingeniería básica y de detalle para efectuar los balances de materia y energía del proceso, como así también el diseño, dimensionamiento y distribución de los equipos involucrados en este y en los servicios auxiliares, teniendo presente todas las instalaciones.
- ❖ Diseñar un sistema de gestión de calidad y control automático de proceso, que garantice la seguridad del proceso en cuestión y la calidad de los productos.
- ❖ Realizar un estudio económico-financiero con el fin de determinar la inversión inicial necesaria, como también los indicadores del proyecto como son PRI, TIR y VAN.
- ❖ Proponer alternativas de mejora para el proyecto.

CAPÍTULO 2:

DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS, PROPIEDADES Y USOS, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

2. Descripción de materias primas, productos e insumos

2.1. Introducción

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de las materias primas e insumos necesarios para el proceso de obtención de acetona y fenol, como también de los productos deseados cuyas propiedades, aplicaciones, almacenamiento, transporte, y efectos sobre la salud humana se especificarán en el mismo.

Las materias primas que se emplean en este proceso industrial son benceno y propileno, siendo este último una mezcla compuesta por propano (5%) – propileno (95%). La primera reacción en la cual se obtiene cumeno, se lleva a cabo en presencia de zeolitas como catalizador.

2.2. Materias primas

2.2.1. Benceno

El benceno, de fórmula empírica C_6H_6 y cuya estructura química se muestra en la Figura 2.1, es un hidrocarburo poliinsaturado de seis átomos de carbono, representante de la familia de hidrocarburos aromáticos, que posee una forma de anillo (de ahí que recibe el nombre de anillo bencénico). Los átomos de carbono comparten sus electrones libres de forma similar a los enlaces covalentes corrientes, de modo que su estructura molecular adquiere una gran estabilidad. (Moreno Lorca, 2022)

Es un líquido transparente, que puede ser incoloro a presentar un color amarillo pálido, volátil, y con un olor aromático. No presenta propiedades explosivas, es inflamable y soluble en solventes orgánicos.

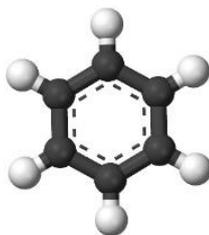


Figura 2.1: Estructura química del benceno.

Fuente: Google.

Sus principales propiedades físicas y químicas se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Propiedades físicas y químicas del benceno.

Propiedad	Valor	Unidad
Peso molecular	78,12	kg/kmol
Punto de fusión a presión atmosférica	5,56	°C
Punto de ebullición a presión atmosférica	80,08	°C
Densidad a 20 °C	876,50	kg/m ³
Solubilidad en agua a 20 °C	0,180	kg/kg de H ₂ O
Densidad de vapor (aire = 1)	2,80	
Presión de vapor a 20 °C	12,60	Pa
Viscosidad a 20 °C	0,60	mPa.s
Calor de combustión	-3367,00	kJ/mol

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Calor de vaporización a 25 °C	33,83	kJ/mol
Temperatura de autoignición	498	°C

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2.2 que se muestra a continuación, se detallan las especificaciones del proveedor de benceno.

Tabla 2.2: Ficha técnica benceno - N°551800.

Análisis	Especificaciones	Métodos
Aspecto	Líquido claro, libre de sedimentos	Visual
Densidad a 15°C (g/ml)	0,882 - 0,886	ASTM D4052
Rango de destilación (°C)	Máx. 1 (incl. 80,1°C)	ASTM D850
Punto de solidificación (°C) (base anhidra)	Mínimo 5,35	ASTM D852
Color (escala Pt/Co)	Máximo 20	ASTM D1209 / ASTM D5386
Color del ácido de lavado, máximo	Pasa con 1	ASTM D848
Acidez	Neutro	ASTM D847
Corrosión al cobre	Negativo	ASTM D849
Tiofeno (mg/kg)	Máximo 1	ASTM D4735 / ASTM D7011
H ₂ S-SO ₂	Negativo	INS-0006799
Hidrocarburos no aromáticos (% en peso)	Máximo 0,15	ASTM D7504
Pureza (% en peso)	Mínimo 99,8	ASTM D7504
NOTA: producto no aditivado con anti-estáticos (Conductividad Típica < 25 pS/m)		

Fuente: (YPF Q. , 2020)

Aplicaciones

Se lo utiliza en la química básica, generalmente como materia prima para la elaboración de diversos productos: fenol, ciclohexano, estireno, detergentes sintéticos, derivados clorados, anhídrido maleico y colorantes. Se usa, además, en la elaboración de adhesivos, laminados y caucho sintético.

Se recomienda prohibir terminantemente el uso de benceno para la limpieza de piezas, equipos, ropas, cualquier tipo de telas, manos, etcétera, por su alto riesgo para la salud y el medio ambiente (YPF Q. , 2020).

Almacenamiento y transporte

Condiciones de almacenamiento: guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados. Mantener los recipientes en lugares frescos y ventilados, alejados del calor y de fuentes de ignición. Mantener los recipientes conectados a tierra y alejados de oxidantes fuertes.

Materiales incompatibles: oxidantes fuertes, ozono, oxígeno líquido, percloratos, ácido nítrico, peróxido de sodio, halógenos, azufre fundido. (YPF, FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - BENCENO, 2019)

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Se almacena y transporta, por lo general, en tambores o tanques de acero.

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

Efectos sobre la salud humana

El benceno, puede: ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias; provocar defectos genéticos; y provocar cáncer. Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. Además, también provoca irritación cutánea, e irritación ocular grave. (YPF, FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - BENCENO, 2019)

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

2.2.2. Propileno

El propileno, cuya estructura química se muestra en la Figura 2.2, es también conocido como propeno, es un gas que tiene mal olor, incoloro, y se suministra como gas licuado. Se produce a partir de combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón. El propeno se puede separar por destilación fraccionada de la mezcla de hidrocarburos obtenida del craqueo y otros procesos de refinado. Generalmente se encuentra con una impureza del 5% de propano (Moreno Lorca, 2022).

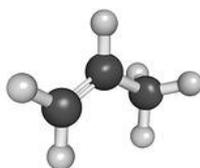


Figura 2.2: Estructura química de propileno.

Fuente: Google.

El propeno es un alqueno formado por tres átomos de carbono y seis átomos de hidrógeno, su fórmula global es C_3H_6 . Es un homólogo del etileno que presenta el doble enlace como grupo funcional. (Moreno Lorca, 2022)

Las propiedades físicas y químicas importantes se detallan a continuación en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3: Propiedades físicas y químicas del propileno.

Propiedad	Valor	Unidad
Peso molecular	42,08	kg/kmol
Punto de fusión a presión atmosférica	-185,20	°C
Punto de ebullición a presión atmosférica	-47,70	°C
Densidad a 20 °C	1,74	kg/m ³
Solubilidad a 20 °C	agua	44,60
	etanol	1250,00
	ácido acético	524,50
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	0,50	litro gas/litro de solvente
Presión de vapor a 25 °C	1158,00	kPa
Viscosidad a 25 °C	$8,34 \cdot 10^3$	mPa.s

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Calor de combustión	1927,48	kJ/mol
Calor de vaporización a 25 °C	18,14	kJ/mol
Temperatura de autoignición	460,00	°C

Fuente: Elaboración propia.

Aplicaciones

Los tres grados comerciales de propileno se utilizan para diferentes aplicaciones. El propileno de grado de refinería (es decir, 50 a 70% de propileno puro en propano) se obtiene de los procesos de refinería. Los principales usos se encuentran en el gas licuado de petróleo para uso térmico o como componente para mejorar el octanaje en la gasolina para motores. El propileno de grado de refinería también se puede usar en algunas síntesis químicas (por ejemplo, isopropanol o cumeno que luego se oxida a hidroperóxido de cumeno, para descomponerlo seguidamente en fenol y acetona).

El propileno de grado químico se usa mucho para la mayoría de los derivados químicos (por ejemplo, oxoalcoholes, acrilonitrilo o polipropileno).

El propileno de grado polimérico contiene niveles mínimos de impurezas, como el sulfuro de carbonilo, que pueden envenenar los catalizadores utilizados en la fabricación de polipropileno y óxido de propileno.

Almacenamiento y transporte

El transporte se puede realizar por una red de tuberías, pero se realiza principalmente por carretera y ferrocarril (en tanques cilíndricos presurizados a temperatura ambiente) y en barco (baterías de tanques presurizados más pequeños, como también grandes tanques atmosféricos con dispositivos de relicuefacción).

El propileno líquido normalmente se almacena a temperatura ambiente en tanques de presión esféricos con diámetros de hasta 20 metros. Sin embargo, el propileno también se almacena prácticamente sin presión a -47 °C , especialmente para cantidades muy grandes.

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

Efectos sobre la salud humana

Resulta muy perjudicial para la salud. Al inhalar propileno se pueden producir efectos como desmayos, mareos, problemas de hígado, en el sistema nervioso y en el corazón. Si hay contacto con propileno líquido puede llegar a la congelación.

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

2.2.3. Impureza: propano

El propano es un alcano formado por tres átomos de carbono y ocho átomos de hidrógeno, como se muestra en la Figura 2.3, su fórmula es C_3H_8 . Se transporta como gas licuado y se obtiene principalmente como subproducto a partir de gas natural y del refinado de petróleo. (Moreno Lorca, 2022)

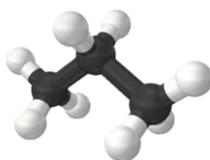


Figura 2.3: Estructura química del propano.

Fuente: Google.

Este producto se presenta en estado gaseoso, es incoloro, y fácilmente inflamable. Tiene un olor fuerte parecido al de los disolventes y mezclado con el aire puede ser explosivo (Moreno Lorca, 2022). En la Tabla 2.4 se muestran sus principales propiedades físicas y químicas.

Tabla 2.4: Propiedades físicas y químicas del propano.

Propiedad	Valor	Unidad
Peso molecular	44,10	kg/kmol
Punto de fusión a presión atmosférica	-187,60	°C
Punto de ebullición a presión atmosférica	-42,10	°C
Densidad a 20 °C	1,98	kg/m ³
Solubilidad en agua a 25 °C	$62,4 \cdot 10^{-6}$	kg/kg de H ₂ O
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	1,60	
Presión de vapor a 25 °C	12,60	kPa
Viscosidad a 25 °C	0,09	mPa.s
Calor de combustión	$2,202 \cdot 10^3$	kJ/mol
Calor de vaporización a 25 °C	14,79	kJ/mol
Temperatura de autoignición	450,00	°C

Fuente: Elaboración propia.

Aplicaciones

Se destaca como combustible empleado como uso doméstico y como uso industrial en hornos, mezclándose a veces con butano ya que el propano tiene un poder calorífico mayor. También se emplea en motores de combustión interna o en turbinas de gas para generar electricidad, así como también de refrigerante (Moreno Lorca, 2022).

Efectos sobre la salud humana

En cuanto a la inhalación, al producirse pérdidas en zonas confinadas este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia. La inhalación de los vapores provoca irritación de nariz y garganta. En lugares cerrados puede producir mareos y asfixia. En contacto con la piel produce quemaduras por enfriamiento, irritación y enrojecimiento de la zona del contacto. El contacto repetitivo puede causar resequead de la piel o dermatitis (PEMEX, 2017).

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

2.2.4. Mezcla propileno-propano

Tal como se comentó al comienzo de este capítulo, una de las materias primas es una mezcla de hidrocarburos livianos constituida principalmente por propileno y propano, en proporciones variables. En condiciones normales es gaseosa, y al ser comprimida pasa a estado líquido. Se produce en las Unidades de Craqueo Catalítico de las Refinerías (YPF, Ficha Técnica - Propano-Propileno, 2020).

Las propiedades físicas y químicas importantes se detallan a continuación en la Tabla 2.5:

Tabla 2.5: Propiedades físicas y químicas de la mezcla propileno-propano.

Propiedad	Valor	Unidad
Punto de fusión a presión atmosférica	-183,89	°C
Punto de ebullición a presión atmosférica	-42,20 / -11,60	°C
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	1,60	
Solubilidad en agua	insoluble	
Presión de vapor	212,78 – 851,13	kPa
Temperatura de autoignición	>400	°C

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2.6, que se muestra a continuación, se detallan las especificaciones de la mezcla propano-propileno del proveedor de la firma YPF S.A.

Tabla 2.6: Ficha técnica propano-propileno - N°511100.

Especificaciones	Garantizados	Métodos
Contenido de etano (% en volumen)	máximo 1	ASTM D2163
Contenido de propileno (% en volumen)	mínimo 90	ASTM D2163
Contenido de butanos + butenos (% en volumen)	máximo 4	ASTM D2163
Contenido de propano (% en volumen)	Por balance	ASTM D2163
Contenido de dienos más acetilénicos (mg/l)	máximo 100	ASTM D2163
Contenido de H ₂ S (mg/kg de Azufre)	máximo 10	UOP 212
Contenido de COS (mg/kg)	máximo 25	UOP 212
Azufre total (mg/kg)	máximo 40	ASTM D7551

Fuente: (YPF, Ficha Técnica - Propano-Propileno, 2020)

Aplicaciones

Se destaca como combustible, y como materia prima para la síntesis de olefinas (YPF, Ficha Técnica - Propano-Propileno, 2020).

Efectos sobre la salud humana

La inhalación de la mezcla propano-propileno, es la ruta más frecuente de exposición. Otra vía de entrada es por contacto con ojos y la piel del gas licuado, donde se pueden producir quemaduras por congelación. Se debe tener presente que es un gas asfixiante simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central. No es carcinógeno, y no existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos. (YPF, 2013)

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

2.3. Productos

2.3.1. Fenol

El fenol, también conocido como ácido fenólico o hidroxibenceno, es un compuesto orgánico aromático, cuya fórmula molecular es C_6H_5OH . En estado puro su aspecto es el de un sólido cristalino incoloro o ligeramente rosado, de olor dulzón y acre (Sánchez Romero, Ingeniería Básica de una Planta de Producción de Fenol, 2019).

Su estructura química, se muestra en la Figura 2.4.

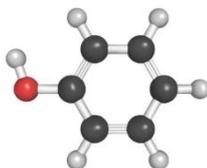


Figura 2.4: Estructura química del fenol.

Fuente: Google.

Sus principales propiedades físicas y químicas se muestran en la siguiente Tabla 2.7.

Tabla 2.7: Propiedades físicas y químicas del fenol.

Propiedad	Valor	Unidad
Peso molecular	94,11	kg/kmol
Punto de fusión a presión atmosférica	40,90	°C
Punto de ebullición a presión atmosférica	181,80	°C
Densidad a 20 °C	1,07	kg/m ³
Solubilidad en agua a 25 °C	0,09	kg/kg de H ₂ O
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	3,24	
Presión de vapor a 20 °C	0,02	kPa
Viscosidad del líquido a 20 °C	11,41	mPa.s
Calor de combustión	-32,59	kJ/kg
Calor de vaporización a 182 °C	51,00	kJ/kg
Temperatura de autoignición	715,00	°C

Fuente: Elaboración propia.

El punto de fusión y solidificación del fenol se reduce considerablemente por trazas de agua (ver Figura 2.5).

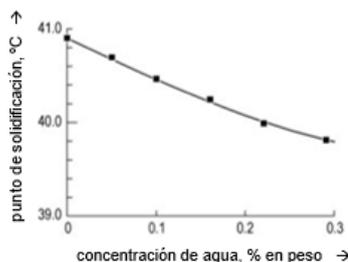


Figura 2.5: Efecto del agua sobre el punto de solidificación del fenol.

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016)

El fenol es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos, por ejemplo, hidrocarburos aromáticos, alcoholes, cetonas, éteres, ácidos e hidrocarburos halogenados. Es menos soluble en hidrocarburos alifáticos. A temperaturas de hasta 68,40 °C se mezcla parcialmente con agua (ver Figura 2.6).

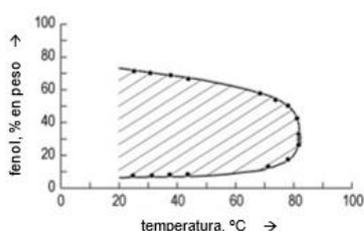


Figura 2.6: Miscibilidad de fenol y agua.

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016)

El fenol forma mezclas azeotrópicas con agua y otras sustancias (véase la Tabla 2.8).

Tabla 2.8: Mezclas azeotrópicas con fenol.

Segundo componente	Presión (kPa)	Punto de ebullición (°C)	Proporción de fenol (%)
Agua	101,3	94,5	9,21
	70,8	90,0	8,29
	39,2	75,0	7,2
	16,9	56,3	5,5
Isopropilbenceno	101,3	149,0	2
<i>n</i> -Propilbenceno	101,3	158,5	14
α -Metilestireno	101,3	162,0	7

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016)

Aplicaciones

La principal aplicación del fenol es la producción de Bisfenol A (BPA), a partir del cual se obtiene el policarbonato, un plástico de ingeniería de altísimas prestaciones utilizado principalmente en los sectores de la automoción y la arquitectura (CEPSA, 2023). Seguidamente encontramos las resinas fenólicas, formadas por la reacción de fenoles con aldehídos, siendo los representantes más simples de cada familia de compuestos, el fenol y el formaldehído, los más importantes en su producción. Considerando todo tipo de

aplicaciones, de media se emplean 440 kg de fenol y 220 kg de formaldehído para la producción de una tonelada de resina fenólica (Sánchez Romero, 2019).

En la actualidad, el fenol sigue siendo utilizado en la industria farmacéutica como antiséptico, desinfectante e incluso como anestésico local o analgésico, aunque su uso se ha visto limitado debido a sus severos efectos adversos. Otros usos se encuentran en la síntesis de alquilfenoles, empleados en detergentes, bromofenoles, que son utilizados como retardantes del fuego, y clorofenoles, empleados en pesticidas, herbicidas o como desinfectantes en productos cosméticos (Sánchez Romero, Ingeniería Básica de una Planta de Producción de Fenol, 2019).

En la Figura 2.7, se resumen las distintas utilidades del fenol y la acetona en la actualidad.

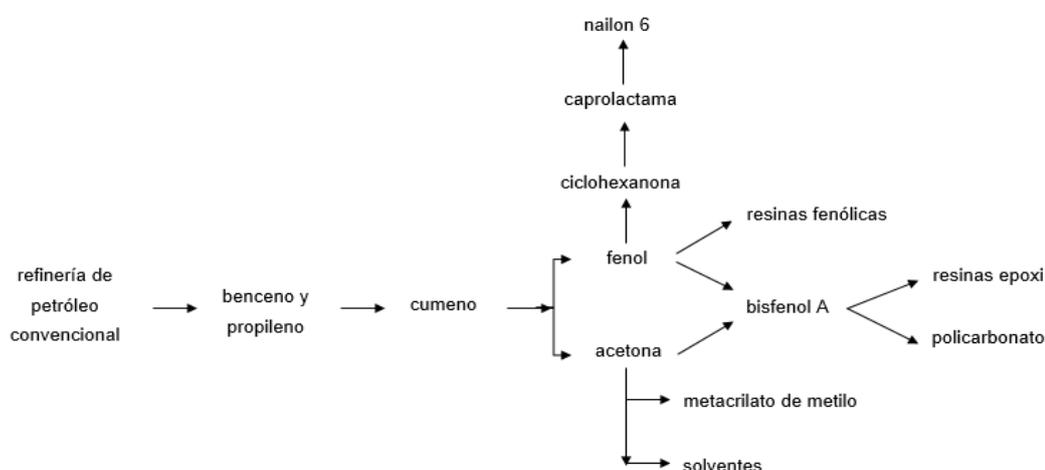


Figura 2.7: Cadena de valor del mercado petroquímico para la producción de fenol y acetona.

Fuente: Elaboración propia.

Almacenamiento y transporte

El fenol puro se almacena predominantemente en tanques de acero inoxidable, que están aislados para evitar pérdidas de calor. Al almacenar fenol líquido, debe asegurarse de que la temperatura se mantenga por debajo de 70 °C. A temperaturas de almacenamiento por debajo de 70 °C, el volumen de gas del tanque se cubre con nitrógeno.

El límite inferior de explosión para las mezclas de aire y fenol se alcanza a una temperatura de saturación de 73 °C, correspondiente a una fracción de vapor de fenol en la mezcla de 1,3% en volumen.

Cantidades más pequeñas de fenol se transportan en bidones de acero. Si el fenol contiene agua, los bidones de acero no son adecuados debido a la coloración del fenol que se produce; en este caso son necesarios tambores de chapa galvanizada (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Efectos sobre la salud humana

La sustancia y el vapor son corrosivos para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del vapor puede originar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos o las vías respiratorias. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, al corazón y a los riñones. Esto puede dar lugar a convulsiones, coma, alteraciones cardíacas, fallo respiratorio y colapso. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica. La exposición podría causar la muerte (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

2.3.2. Acetona

Acetona, también denominada 2-propanona o dimetilcetona, de fórmula molecular C_3H_6O y cuya estructura química se puede observar en la Figura 2.8. A temperatura ambiente, es un líquido transparente e incoloro con un olor característico. Es miscible en todas las proporciones con agua y disolventes orgánicos polares, como los alcoholes de bajo peso molecular, ácidos carboxílicos y éteres. Es miscible en proporciones limitadas con disolventes no polares, como los hidrocarburos.

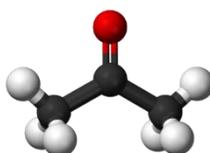


Figura 2.8: Estructura química de acetona.

Fuente: Google.

La acetona se puede clasificar según su grado, de alta pureza ($\geq 99,50\%$) y grado de baja pureza ($< 99,50\%$). Las propiedades físicas y químicas más importantes se detallan a continuación en la Tabla 2.9:

Tabla 2.9: Propiedades físicas y químicas de la acetona.

Propiedad	Valor	Unidad
Peso molecular	58,08	kg/kmol
Punto de fusión a presión atmosférica	-94,70	°C
Punto de ebullición a presión atmosférica	56,20	°C
Densidad del líquido a 20 °C	790,80	kg/m ³
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	2	
Presión de vapor a 20 °C	24,00	kPa
Viscosidad del líquido a 20 °C	0,32	mPa.s
Calor de combustión	1.804,00	kJ/mol
Calor de vaporización a 30 °C	545,20	kJ/kg
Temperatura de autoignición	465,00	°C

Fuente: Elaboración propia.

Aplicaciones

Los principales usos de la acetona son como producto químico intermedio, solvente y agente de flotación. Como solvente, la acetona disuelve muchas resinas sintéticas, por ejemplo, nitrocelulosa, acetilcelulosa, poli (ésteres de acrilato) y resinas alquídicas. También disuelve la mayoría de las resinas, grasas y aceites naturales.

Sin embargo, su mayor aplicación es como intermediario en la síntesis de metacrilato de metilo (cuya resina sintética con aspecto de vidrio es empleada en el sector de la construcción), bisfenol A (mediante la amonólisis reductora de acetona que produce isopropilamina), alcohol de diacetona (mediante autocondensación catalizada por ácidos o bases), productos farmacéuticos, entre otros productos.

En la Figura 2.7, se resumen las distintas utilidades del fenol y la acetona en la actualidad.

Almacenamiento y transporte

La acetona tiene un punto de inflamación bajo, por lo tanto, todos los contenedores de envío y almacenamiento deben llevar una etiqueta roja de “líquido inflamable” en forma de diamante. Se deben tomar precauciones estrictas para protegerse contra riesgos de incendio siempre que se manipule acetona.

Debe evitarse el contacto de la acetona con oxidantes porque puede provocar una explosión. La contaminación con agentes clorantes puede conducir a la formación de clorocetonas tóxicas. La exposición prolongada a la luz solar directa puede provocar la formación de monóxido de carbono.

Efectos sobre la salud humana

La acetona es uno de los disolventes industriales menos tóxicos, sin embargo, debe evitarse la exposición al vapor en alta concentración porque puede producir narcosis temporal y causar una ligera irritación en los ojos. El contacto repetido del líquido con la piel, desengrasa la misma, pudiendo causar dermatitis. El líquido también irrita los ojos y puede causar lesiones moderadas en la córnea.

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

2.4. Insumos

2.4.1. Aire

Para obtener finalmente los productos, fenol y acetona, se debe producir la oxidación completa del cumeno. Esto se logra alimentando al reactor una corriente de aire en exceso, donde el oxígeno presente en esta corriente es quien permitirá dicha oxidación.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

El aire está compuesto por una mezcla de nitrógeno y de oxígeno como elemento básico (99%) y el resto como gases nobles, tal como se ilustra en la Tabla 2.10 (Berrino & Tavella, 2020).

Tabla 2.10: Composición del aire puro.

Elemento	Proporción en volumen	Proporción en peso
Nitrógeno	78,14	75,60
Oxígeno	20,92	23,10
Argón	0,94	0,30
Neón	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Helio	$5 \cdot 10^{-4}$	$0,7 \cdot 10^{-4}$
Criptón	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Hidrógeno	$5 \cdot 10^{-5}$	$0,35 \cdot 10^{-5}$
Xeón	$1 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$

Fuente: (Berrino & Tavella, 2020)

Aplicaciones

Dentro de las posibilidades de aprovechamiento químico-industrial caben dos grandes líneas de beneficios del aire: una separar sus componentes, otra combinarlos. El primer camino lleva a la fabricación de N_2 , O_2 , gases nobles, por separación física o química; el segundo, a la síntesis del NO y de aquí al ácido nítrico y/o nitratos.

En el momento actual, la rectificación del aire cubre la demanda de los siguientes productos:

- ❖ Nitrógeno de alta pureza (gas, para crear: NH_3O y CN_2Ca).
- ❖ Oxígeno de alta pureza (gas o líquido, para soldaduras y corte de metales).
- ❖ Oxígeno de mediana pureza (gas para fines químicos-industriales).
- ❖ Aire enriquecido (oxígeno de baja concentración como comburente).
- ❖ Gases nobles (subproductos de algunas de las producciones anteriores, para aplicaciones varias) (Berrino & Tavella, 2020).

2.4.2. Catalizador: zeolita

Para la etapa de producción de cumeno, la elección del catalizador es uno de los aspectos claves. La función principal del catalizador es acelerar la reacción química sin intervenir en ella con la mayor selectividad y rendimiento a la menor temperatura posible. En cuanto a la elección de un catalizador algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta son: la vida útil, precio y posibilidad de regeneración (Moreno Lorca, 2022).

Para la reacción de alquilación de benceno con propileno a lo largo de la historia se han utilizado catalizadores ácidos como el ácido fosfórico soportado sobre sílice (SPA) utilizado en procesos en fase gas y el cloruro de aluminio ($AlCl_3$) empleado en fase líquida. Estos productos siempre han presentado algunas desventajas en su uso que son mostradas a continuación.

Desventajas del uso del ácido fosfórico soportado sobre sílice (SPA):

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ No puede regenerarse.
- ❖ Permite la formación de más diisopropilbenceno (DIPB) del deseado.
- ❖ El rendimiento respecto al cumeno está limitado al 95%.

Desventajas del uso de Cloruro de Aluminio (AlCl_3):

- ❖ Posee alto poder corrosivo y riesgo ambiental.
- ❖ Produce un costo añadido al tener que realizar un paso de limpieza para eliminar los restos de catalizador.
- ❖ Baja actividad.

Hoy en día, la etapa de producción de cumeno se realiza utilizando zeolitas puesto que elimina gran parte de desventajas obtenidas por el uso de catalizadores ácidos. Por ejemplo, las zeolitas pueden regenerarse, por tanto, no generan más residuos, producen mayores rendimientos, no son corrosivas y son inocuas para el medio ambiente.

Las zeolitas son sólidos cristalinos y están formadas por estructuras hechas de silicio, aluminio y oxígeno que forman un marco con cavidades y canales en el interior donde cationes, agua y/o pequeñas moléculas pueden residir. Estas cualidades permiten conseguir una alta selectividad y obtener mejores rendimientos. Las zeolitas a menudo también se denominan como tamices moleculares, muchas de ellos aparecen naturalmente como minerales y minan ampliamente en muchas partes del mundo la búsqueda de aplicaciones en la industria y la medicina. Sin embargo, la mayoría de las zeolitas se han hecho sintéticamente. Existen 191 tipos de zeolitas identificadas y más de 40 tipos de zeolitas naturales conocidas (Moreno Lorca, 2022).

En la actualidad, en el proceso de producción de cumeno cinco tipos de zeolitas son las más utilizadas: Beta, Y, ZSM-12, MCM-22 y Modernita (Moreno Lorca, 2022). En la Figura 2.9 puede observarse la selectividad obtenida con diferentes zeolitas en el proceso de síntesis del cumeno (Corma, Martínez Soria, & Schonoeveld, 2000).

	Zeolite-beta	Mordenite	MCM-22	Zeolite-Y
Overall selectivity on propylene (%)	99.87	98.61	98.74	98.30

Figura 2.9: selectividad de la formación de cumeno en diferentes zeolitas.

Los procesos comerciales de producción de cumeno se basan en dos zeolitas las cuales tienen mejor selectividad en la tabla anterior que son: Zeolita Beta y Zeolita MCM-22. Estudios recientes han demostrado que estos catalizadores pueden usarse tanto en la alquilación como en la transalquilación. La zeolita Beta es una zeolita tridimensional con poros de aproximadamente 0,65 x 0,67 x 0,56 nm, mientras que la segunda está formada por un sistema de canales de poro medio y otro sistema independiente formado por grandes cavidades de 12 tetraedros conectadas entre sí a través de ventanas de 10 tetraedros, ver Figura 2.10

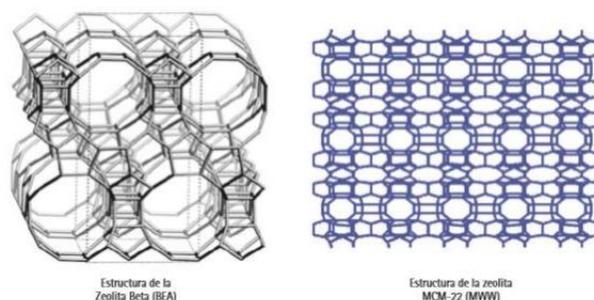


Figura 2.10: Estructuras de las zeolitas Beta y MCM-22.

En los estudios recientes se ha visto que la reacción de alquilación de benceno con propileno tiene lugar, en el caso de Zeolita MCM-22, sobre la superficie externa de los cristales que, en este caso, está perfectamente estructurada y formada por cavidades abiertas al exterior en forma de “copas” de aproximadamente 0,7 x 0,7 nm.

También se ha desarrollado un nuevo material, denominado ITQ-2, por delaminación de un precursor laminar de la zeolita MCM-22, ver Figura 2.11. El material ITQ-2 con acidez fuerte expone un gran número de “copas” al exterior, por lo que su actividad y resistencia a la desactivación para el proceso de alquilación de benceno con propileno son superiores a la Zeolita MCM-22, por esta razón, el catalizador ITQ-2 para este proceso sería idóneo (Corma A. , 2000).

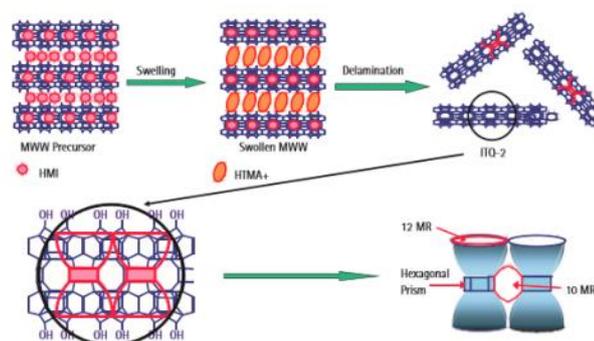


Figura 2.11: formación de la zeolita ITQ-2 por delaminación de la zeolita MCM-22.

2.4.3. Ácido sulfúrico

De todos los productos químicos industriales pesados, el ácido sulfúrico es quizás el más importante, ya que tiene una serie de usos a gran escala no solo dentro de la industria química sino también en otras industrias. Incluso su consumo ha sido citado muchas veces como un indicador del estado general de la economía de una nación.

El ácido sulfúrico se fabrica a partir de dióxido de azufre, y este a partir del azufre elemental (o piritita). Un gran productor indirecto de dióxido de azufre es la industria de metales no ferrosos, cuyos procesos de tostación y fundición generan gases residuales con una concentración alta de dióxido de azufre para permitir el procesamiento directo al ácido sulfúrico. En un grado creciente, el ácido producido en tales plantas está reemplazando al ácido obtenido del azufre elemental.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

El ácido sulfúrico puro es un líquido incoloro ligeramente viscoso. En la Tabla 2.11 se mencionan algunas de sus propiedades físicas. Se puede mezclar con agua en cualquier proporción. El ácido sulfúrico anhidro (al 100%) se conoce como "monohidrato", lo que simplemente significa que es el monohidrato del trióxido de azufre. El ácido sulfúrico disolverá cualquier cantidad de SO_3 , formando óleum o ácido sulfúrico humeante. La concentración de óleum se expresa en porcentaje en peso de SO_3 disuelto o SO_3 libre en H_2SO_4 al 100%.

El ácido sulfúrico tiene un gran efecto deshidratante sobre las moléculas hidrocarbonadas como la sacarosa. Esto quiere decir que es capaz de captar sus moléculas en forma de agua, dejando libre los átomos de carbono con la consiguiente formación de carbono puro.

Tabla 2.11: Propiedades físicas y químicas del H_2SO_4 .

Propiedad	Valor	Unidad
Peso molecular	98,08	kg/kmol
Punto de ebullición a presión atmosférica	100%	290
	98%	336,85
Punto de fusión a presión atmosférica	100%	10,31
	98%	3
	65%	64
Presión de vapor a 20 °C	0,13	kPa
Viscosidad del líquido a 20 °C	26,70	mPa.s

Fuente: Elaboración propia.

Aplicaciones

El consumidor más importante de ácido es la industria de fertilizantes fosfatados.

Otras aplicaciones importantes son en la refinación de petróleo, la producción de pigmentos, la extracción de metales no ferrosos y la fabricación de explosivos, detergentes, plásticos y fibras artificiales. También se utiliza para la elaboración de colorantes y productos farmacéuticos.

Efectos sobre la salud humana

El ácido sulfúrico no es muy volátil y por tanto las exposiciones del lugar de trabajo son principalmente con aerosoles o rocíos. El ácido sulfúrico es un corrosivo y puede provocar irritación severa o daño corrosivo si se inhala. El grado y la severidad de los efectos respiratorios están influenciados por factores como el estado físico y el tamaño de la partícula del aerosol, sitio de deposición, concentración y humedad.

El ácido sulfúrico puede provocar daño pulmonar severo con una acumulación de fluido (edema pulmonar) de amenaza de por vida. Los síntomas de edema pulmonar incluyen tos y falta de aire y pueden retrasarse por horas y días después de la exposición. Estos síntomas se agravan con el esfuerzo físico.

Para más información, dirigirse a la ficha de datos de seguridad que se encuentra disponible en el Anexo 1 del presente proyecto.

CAPÍTULO 3:

ESTUDIO DE MERCADO

3. Estudio de mercado

3.1. Introducción

En el presente capítulo se analiza, utilizando información disponible, el comportamiento actual y futuro del mercado nacional e internacional de los productos fenol y acetona, y de las materias primas benceno y propileno. Se estudian a través del tiempo factores como la demanda, el consumo y la producción, para poder determinar así el comportamiento futuro del mercado de dichos productos.

En este capítulo, también es relevante analizar si existe demanda insatisfecha de fenol y acetona en nuestro país y cómo variará la misma en los próximos años, esto es, su crecimiento o disminución. Es importante saber con antelación, que el costo de producción se ve influido por varios factores, entre ellos: la productividad, el rendimiento, los costos de materia prima, y los métodos de producción y recuperación. A partir de estas observaciones, es posible conferir una determinada capacidad real de producción, dato base sobre el cual se realizarán todos los estudios de factibilidad del proyecto.

Es importante aclarar de antemano, que Argentina no cuenta con producción propia de fenol, y en referencia a la acetona, su producción actualmente se encuentra inactiva.

Por último, se realiza un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, seguido por sus siglas) del proyecto, y se adjuntan las conclusiones del capítulo. Un análisis de estas características es la primera barrera que todo proyecto debe superar para poder llevarse a cabo, dado que establece (con un nivel mínimo de incertidumbre posible) los riesgos a correr, aunque cueste cuantificarlos, y la posibilidad de éxito con la concreción del mismo.

3.2. Mercado de los productos

3.2.1. Fenol

Mercado mundial del fenol

En referencia al mercado de la producción, durante el período en los años 2012 al 2022, se produjo un gran aumento de la capacidad de producción de fenol en Asia y Oriente Medio, resultando en una disminución de los rangos de operación y en un mercado con exceso de suministro que, además, se ha visto acompañado de un modesto crecimiento de la demanda (Sánchez Romero, 2019).

Aumentos de la capacidad de producción de esta sustancia, estimados para finalizar el año 2022, fueron retrasados de forma significativa, ayudando a aumentar los rangos de operación de las plantas existentes por todo el mundo. El siguiente gráfico circular muestra el consumo mundial de fenol.

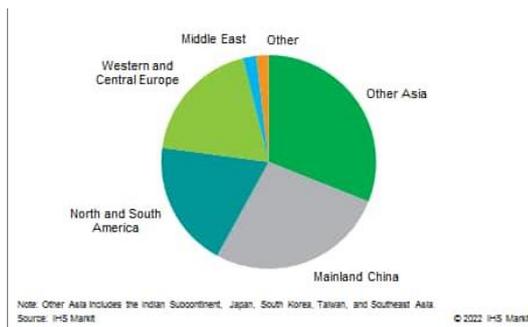


Figura 3.1: Consumo mundial de fenol, año 2022.

Fuente: (S&P, Phenol: Chemical Economics Handbook, 2022)

La demanda mundial de fenol ascendió a alrededor de 12 millones de toneladas métricas en 2022, lo que resultó en un aumento anual promedio del 2,50% en los últimos cinco años. El BPA es el principal impulsor de la demanda, ya que representa casi la mitad del consumo mundial de fenol en 2022, con importantes mercados de uso final en policarbonato y resinas epoxi. La demanda mundial de fenol está liderada por Asia, que representa más de la mitad del consumo total (S&P, Phenol: Chemical Economics Handbook, 2022).

El mercado mundial de fenol está impulsado principalmente por la demanda de BPA, que representa casi la mitad del consumo mundial de fenol. A su vez, el consumo de BPA está impulsado por la demanda de productos de policarbonato. El policarbonato se usa principalmente en la industria automotriz, construcción, medios ópticos y electrodomésticos. Por lo general, compite con las resinas de vidrio y acrílicas en acristalamientos/láminas, junto con las resinas de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) en electrodomésticos y herramientas eléctricas. El consumo de BPA también está influenciado por la demanda de resinas epoxi. La mayoría de las resinas epoxi se producen para fabricar revestimientos de superficies, placas de circuito impreso rígidas y adhesivos. El consumo de resina epoxi depende de la producción automotriz y de la actividad de construcción y remodelación (S&P, Phenol: Chemical Economics Handbook, 2022).

El segundo uso final más importante para el fenol sigue siendo el de las resinas de fenol-formaldehído, cuya demanda depende en gran medida de la industria de la construcción. China continuará liderando el crecimiento de la demanda de fenol a medida que se agregue más capacidad de procesamiento debido al fuerte crecimiento de la demanda de los sectores automotriz, de consumo y de la construcción. El aceite Nylon-KA es el tercer mercado más grande para el fenol, pero ha sido la aplicación de más rápido crecimiento en los últimos cinco años (S&P, Phenol: Chemical Economics Handbook, 2022).

La demanda de BPA, resinas de fenol-formaldehído y otros mercados de fenol está muy influenciada por las condiciones económicas generales. Como resultado, el consumo de fenol sigue en gran medida los patrones de las principales economías mundiales (S&P, Phenol: Chemical Economics Handbook, 2022).

Dinámica y perspectivas del mercado

Entre 2019 y 2020 las exportaciones de fenol decrecieron en un -7,31%, desde USD 6.120 millones a USD 5.680 millones. El comercio de fenol representa 0,034% del total de comercio mundial ((OEC) Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

En 2020 los principales países importadores de fenol, fueron China, con USD 1.500 millones, representando el 26,50% de participación en el total de importaciones; seguido por India con USD 479 millones (8,45%); Corea del Sur con USD 414 millones (7,30%); Alemania USD 328 millones (5,78%), y Bélgica con USD 306 millones (5,39%) ((OEC) Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

En 2020 los principales países exportadores, fueron Japón con USD 778 millones, representando el 13,70% de participación en el total de importaciones; seguido por Corea del Sur con USD 609 millones (10,70%); China Taipéi con USD 570 millones (10,0%); Estados Unidos USD 519 millones (9,15%), y Alemania con USD 500 millones (8,82%) ((OEC) Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

Se espera que el mercado global del fenol alcance los 31.730 millones de dólares para el año 2025, debido a la creciente demanda de sus derivados. El Pacífico Asiático tiene la mayor cuota de mercado tanto en volumen como en ganancias y se espera que mantenga esta posición durante dicho periodo (ESPINAR, 2020).

Principales productores mundiales

Algunos de los principales actores que operan en el mercado de fenol, son Aditya Birla Chemicals, Bayer Material Science, PTT Phenol, Shandong Sheng Quan Chemicals Co. Ltd., ALTIVIA Chemicals, LLC, Ineos AG, Domo Investment Group Nv, Deepak Nitrite Limited, CEPESA Química. S.A., PTT Global Chemical Public Company Limited, Solvay SA, Mitsui Chemicals, Inc, AdvanSix Inc., Royal Dutch Shell plc (Newsmantraa, 2022).

3.2.2. Acetona

Mercado mundial de acetona

El suministro de acetona tiende a ser excesivo a nivel mundial. Aproximadamente por cada dos unidades de fenol producidas, se produce una unidad de acetona. Si bien el BPA ha sido uno de los derivados de mejor rendimiento, consume una mayor proporción de fenol en tres partes de fenol por una parte de acetona. A su vez, la fuerte demanda de BPA conducirá a un mercado de acetona más largo. En segundo lugar, el metacrilato de metilo (MMA) es otro derivado importante de la acetona y las tecnologías de MMA han ido cambiando. A medida que se crea capacidad para satisfacer la creciente demanda, parte de la nueva capacidad se basa en rutas sin acetona, como unidades que pueden consumir etileno y metanol. Ambas materias primas se pueden producir a muy bajo costo, si el gas natural está disponible a los

bajos precios observados anteriormente en el Medio Oriente y ahora en los Estados Unidos (S&P, Acetone: Chemical Economics Handbook, 2022).

El siguiente gráfico circular muestra el consumo mundial de acetona:

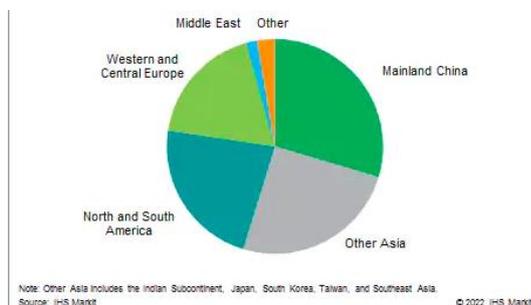


Figura 3.2: Consumo mundial de acetona, año 2022.

Fuente: (S&P, Acetone: Chemical Economics Handbook, 2022)

La industria mundial de la acetona está impulsada principalmente por la cadena de solventes, el sector MMA y los derivados del BPA. La cadena de solventes es el mercado más grande de acetona y se estima que consumirá el 29% de la demanda mundial de acetona en 2022. Los principales mercados de uso final para solventes directos son la fabricación de productos farmacéuticos, incluidas vitaminas (vitamina C) y antibióticos (cefalosporinas); plásticos reforzados con vidrio (PRFV); productos químicos de caucho; cosméticos (principalmente quitaesmalte de uñas); y solvente de hilado para fibras de acetato de celulosa. En su mayor parte, los distribuidores manejan usos solventes para la acetona. En cosmética, la acetona utilizada como quitaesmalte sigue compitiendo con el acetato de etilo. El sector de los solventes es a menudo el último lugar donde termina la acetona, y se mueve allí solo si no se puede vender a otras aplicaciones de mayor valor (S&P, Acetone: Chemical Economics Handbook, 2022).

Dinámica y perspectivas del mercado

Entre 2019 y 2020 las exportaciones de acetona crecieron en un 23,70%, desde USD 1.140 millones a USD 1.410 millones. El comercio de acetona representa 0,0084% del total de comercio mundial ((OEC) Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

El principal país importador de acetona es China con USD 486 millones, representando el 34,30% de participación en el total de importaciones; seguido por Alemania con USD 125 millones (8,87%); Bélgica con USD 83,6 millones (5,91%); Países Bajos USD 74,8 millones (5,29%) e India con USD 60,3 millones (4,26%). Argentina, representa un 0,2% del total ((OEC) Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

El principal país exportador de acetona es China Taipéi con USD 159 millones, representando el 11,20% de participación en el total de exportaciones; seguido por Tailandia con USD 157 millones (11,10%); Corea del Sur con USD 154 millones (10,90%); Arabia Saudí USD 131

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

millones (9,24%) y España con USD 123 millones (8,68%) ((OEC) Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

Para 2024, se espera que la demanda de aplicaciones a nivel mundial de solventes crezca a una tasa promedio de 8,10%; la demanda global de MMA que crezca anualmente un 3,50% en los próximos años; y en referencia al BPA, se estima que será un incremento del 4,00% en los próximos años de la demanda de acetona (Acetone Market, 2021).

En el mercado de la acetona, los fabricantes se centran en la producción y el suministro, para que la base de consumidores conserve la cuota de mercado. Los participantes claves están aumentando la penetración en el mercado al aumentar su presencia global, de manera estratégica a través de la expansión de las plantas y la instalación de nuevas, principalmente en Asia del Este para abordar el creciente mercado de BPA y de resinas fenólicas (Acetone Market, 2021).

La acetona se puede clasificar según su grado, de alta pureza ($\geq 99,5\%$) y grado de baja pureza ($< 99,5\%$). Éste último grado, representa la participación máxima en términos de consumo debido a su amplia gama de aplicaciones en diversas industrias de usuarios finales, incluidas pinturas y recubrimientos, adhesivos, tintas, procesamiento de caucho, plásticos y polímeros, entre otros (Acetone Market, 2021).

Se estima que la creciente demanda de plásticos de las industrias, como la automotriz y la de construcción, impulsará la demanda de acetona en el futuro próximo. El aumento de la demanda de vehículos livianos aumentará el consumo de plástico per cápita y, por lo tanto, impulsará la demanda de acetona durante el período 2022 - 2031 donde el mercado global de acetona alcanzará un valor total de USD 10.248,6 millones para fines de 2031, creciendo así una tasa del 4,90% (Acetone Market, 2021).

Se espera que la producción de resinas plásticas abra nuevas vías de crecimiento en el futuro para el mercado. Como la acetona es un solvente con alta solubilidad, las pinturas y recubrimientos a base de solventes se secan más rápido que las pinturas con bajo contenido de solventes, lo que la hace más preferible y puede ser una posible oportunidad para el segmento de pinturas y recubrimientos. Finalmente, la disponibilidad de sustitutos -como el acetato de etilo- y el uso creciente de solventes verdes, debe ser un parámetro importante que detenga el aumento del mercado mundial (Acetone Market, 2021).

Principales productores mundiales

A modo de mención, algunas de las empresas líderes que operan en el mercado son: Ineos Phenol, Altiva Chemicals, Royal Dutch Shell PLC, Sasol Ltd, The Dow Chemical Company, Domo Chemicals GmbH, Formosa Chemical and Fibre Corporation, Cepsa Química, SABIC, Honeywell Research Chemicals, Spectrum Chemical Mfg. Corp., etc (Acetone Market, 2021).

3.3. Producción nacional de fenol y acetona

Según el Anuario 2021 del Instituto Petroquímico Argentino (IPA), en Argentina no existe ninguna industria productora de fenol, por lo cual toda la cantidad demandada es cubierta mediante importación (IPA, 2021). Siendo las principales fuentes de consumo: producción de herbicidas, resinas fenólicas y la industria química en general, tal como se puede observar en la Figura 3.3.

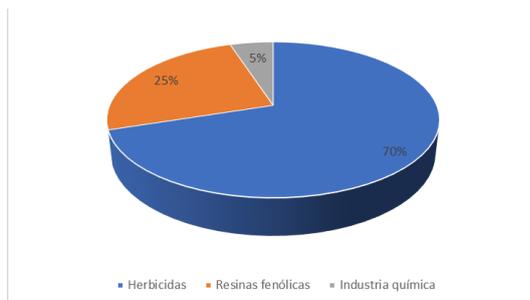


Figura 3.3: Estructura del mercado local del fenol, año 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Según el Anuario 2021 del IPA, en Argentina se encuentra una planta localizada en Campana, provincia de Buenos Aires, bajo la firma de “CARBOCLOR S.A.” con una capacidad de 18.000 toneladas al año de acetona. Su proceso de producción consiste en la deshidrogenación catalítica del isopropanol en fase vapor, usando como materia prima el alcohol isopropílico. Actualmente, al día de la fecha, esta planta se encuentra inactiva, por razones desconocidas (IPA, 2021). En Argentina, los usos finales de este producto se destinan a la producción de pinturas y barnices, adhesivos, tintas gráficas, extracciones farmacológicas, separación de parafina, y usos varios, tal como se puede ver en la Figura 3.4.

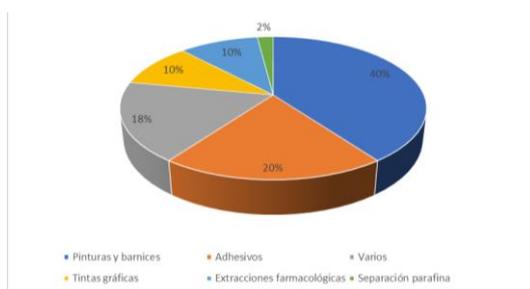


Figura 3.4: Estructura del mercado local de la acetona, año 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Importación de fenol y acetona

Las cantidades importadas de fenol en Argentina en el periodo de 2012 a 2021 se puede observar en la Tabla 3.1, y se pueden visualizar mejor en la Figura 3.5.

Tabla 3.1: Importaciones de fenol.

Año	Cantidad (t)
2012	14.418,99

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

2013	14.418,67
2014	16.542,06
2015	15.756,69
2016	12.096,89
2017	12.064,45
2018	12.395,32
2019	13.186,47
2020	13.573,16
2021	14.643,98

Fuente: IPA.

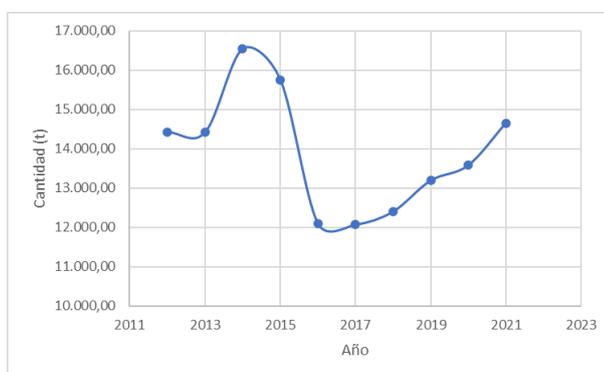


Figura 3.5: Importaciones de fenol.

Fuente: Elaboración propia.

En base a lo anterior, se concluye que entre los años 2012 y 2015 la cantidad importada ha ido disminuyendo, pero en los últimos 6 años (2016 a 2021) existe una tendencia a incrementar nuevamente la cantidad importada.

A continuación, se puede visualizar en la Figura 3.6 a los principales países que exportaron fenol a Argentina durante el año 2021. Ellos son, Brasil, Estados Unidos, y Sudáfrica.

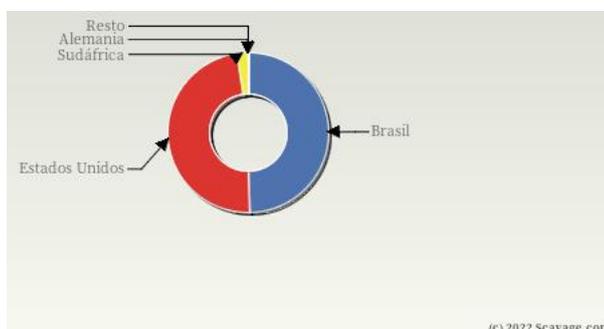


Figura 3.6: Principales países exportadores de fenol a Argentina.

Fuente: Scavage.

Las cantidades importadas de acetona en Argentina en el periodo de 2012 a 2021 se puede observar en la Tabla 3.2, y se pueden visualizar mejor en la Figura 3.7.

Tabla 3.2: Importaciones de acetona.

Año	Cantidad (t)
2012	1.003,15
2013	1.023,86
2014	1.014,62
2015	2.123,44
2016	126,169
2017	3.908,43
2018	2.727,49
2019	3.621,45
2020	3.345,83
2021	4.451,56

Fuente: IPA.

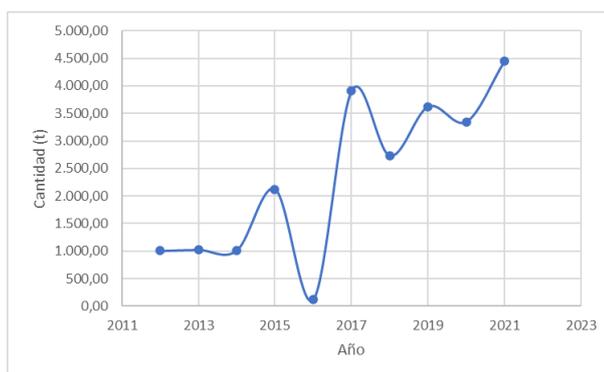


Figura 3.7: Importaciones de acetona.

Fuente: Elaboración propia.

En base a lo anterior, se concluye que, en el período analizado, la cantidad importada de acetona presenta una tendencia alcista.

A continuación, se puede visualizar en la Figura 3.8 a los principales países que exportaron acetona a Argentina durante el año 2021. Ellos son, Brasil, Corea del Sur, China, Rusia, y Bélgica.

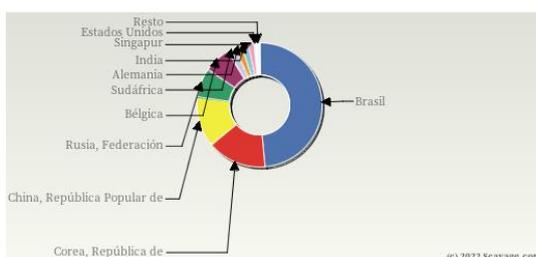


Figura 3.8: Principales países exportadores de acetona a Argentina.

Fuente: Scavage.

Exportación de fenol y acetona

Las cantidades exportadas de fenol en Argentina en el período de 2012 a 2021 se puede observar en la Tabla 3.3, y se pueden visualizar mejor en la Figura 3.9. En el periodo analizado, se observan cantidades no significativas salvo en los años 2016 y 2021, donde se presentaron anomalías en la tendencia.

Tabla 3.3: Exportaciones de fenol.

Año	Cantidad (kg)
2012	395,00
2013	107,00
2014	48,58
2015	256,00
2016	84.265,25
2017	5.463,60
2018	0,00
2019	50,50
2020	164,00
2021	50.058,00

Fuente: IPA.

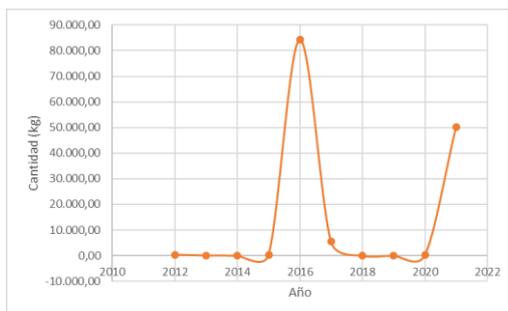


Figura 3.9: Exportaciones de fenol.

Fuente: Elaboración propia.

Las cantidades exportadas de acetona en Argentina en el período 2012 al 2021 se pueden observar en la Tabla 3.4, y se pueden visualizar mejor en la Figura 3.10. En el período analizado se observa que las cantidades exportadas de acetona han ido disminuyendo significativamente, siendo nula en el último año del periodo analizado.

Tabla 3.4: Exportaciones de acetona.

Año	Cantidad (kg)
2012	1.548.547,00

2013	730.124,00
2014	82.102,44
2015	2.050,84
2016	2.683,47
2017	853,08
2018	0,00
2019	858,01
2020	805,25
2021	0,00

Fuente: IPA.

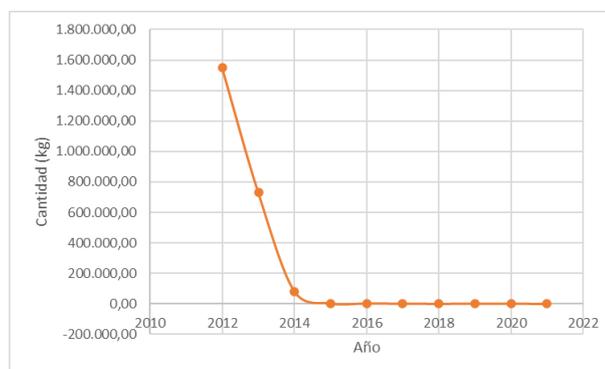


Figura 3.10: Exportaciones de acetona.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Demanda insatisfecha

La demanda insatisfecha se puede calcular mediante la siguiente Ecuación:

$$Demanda\ insatisfecha = Importaciones - Exportaciones$$

Ecuación 3.1: Cálculo de la demanda insatisfecha

En la Tabla 3.5 se observan los valores encontrados en toneladas de la demanda insatisfecha del fenol desde el año 2012 al 2021, que pueden ser observados de mejor manera en la Figura 3.11, la cual permite concluir que, si bien la demanda insatisfecha ha ido en disminución hasta el año 2016, llegando a este último año a un mínimo al cual a partir de ahí está en una tendencia al alza hasta la actualidad.

Tabla 3.5: Demanda insatisfecha de fenol.

Año	Cantidad (t)
2012	14.418,59
2013	14.418,56

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

2014	16.542,01
2015	15.756,43
2016	12.012,62
2017	12.058,99
2018	12.395,32
2019	13.186,42
2020	13.572,99
2021	14.593,92

Fuente: Elaboración propia.

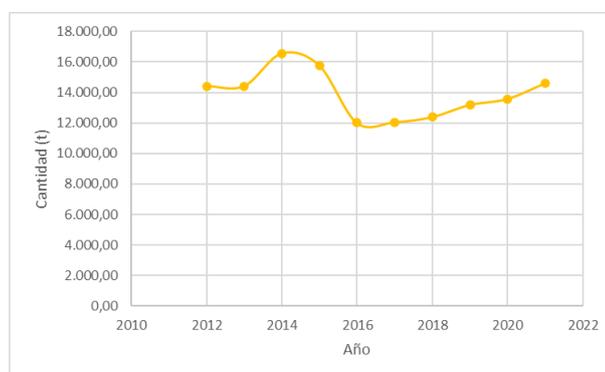


Figura 3.11: Demanda insatisfecha de fenol.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.6 se observan los valores encontrados en toneladas de la demanda insatisfecha de la acetona desde el año 2012 al 2021. Estos pueden ser observados de mejor manera en la Figura 3.12, la cual permite concluir que la demanda insatisfecha está en crecimiento hasta la actualidad con una tendencia plenamente alcista.

Tabla 3.6: Demanda insatisfecha de acetona.

Año	Cantidad (t)
2012	-545,40
2013	293,74
2014	932,51
2015	2.121,39
2016	123,49
2017	3.907,57
2018	2.727,49
2019	3.620,59

2020	3.345,03
2021	4.451,56

Fuente: Elaboración propia.

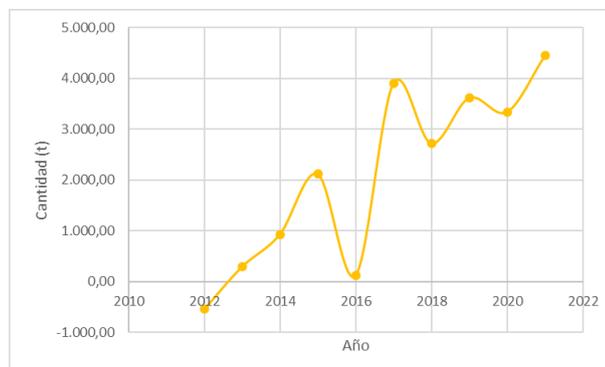


Figura 3.12: Demanda insatisfecha de acetona.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Proyección de la demanda nacional del fenol y la acetona

El cálculo de la proyección de la demanda argentina tanto de fenol como de acetona se hace teniendo en cuenta los datos de la demanda insatisfecha (Tabla 3.5 y Tabla 3.6) y utilizando el método de regresión lineal. A partir de esto se puede obtener una proyección en 10 años de la demanda expresada en toneladas.

Cabe aclarar que, para este análisis, referido al fenol, fueron excluidos los valores de los años 2012 a 2015, los cuales provocan una gran desviación en la regresión lineal no dejando ver con claridad la tendencia. A continuación, se muestra una tabla con los valores proyectados (2022 a 2031).

Tabla 3.7: Proyección de la demanda nacional de fenol.

Año	Cantidad (t)
2022	14.791,73
2023	15.312,86
2024	15.833,99
2025	16.355,12
2026	16.876,25
2027	17.397,38
2028	17.918,51
2029	18.439,64
2030	18.960,77

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

2031	19.481,90
------	-----------

Fuente: Elaboración propia.

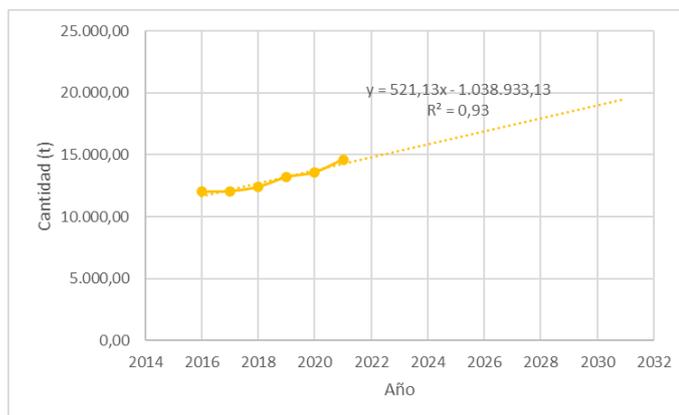


Figura 3.13: Proyección de la demanda nacional de fenol.

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la acetona, en la Figura 3.14 se obtiene una recta de regresión ($y = 505,83 \cdot x - 1.017.715,28$) que presenta una tendencia lineal ($R^2=0,87$). A partir de esto se puede obtener una proyección en 10 años de la demanda expresada en toneladas. Cabe aclarar que para este análisis fue excluido el valor del año 2016, el cual es un evento anómalo que afecta a la tendencia del consumo de acetona en el país. A continuación, se muestra una tabla con los valores proyectados (2022 a 2031).

Tabla 3.8: Proyección de la demanda nacional de acetona.

Año	Cantidad (t)
2022	5.072,98
2023	5.578,81
2024	6.084,64
2025	6.590,47
2026	7.096,30
2027	7.602,13
2028	8.107,96
2029	8.613,79
2030	9.119,62
2031	9.625,45

Fuente: elaboración propia.

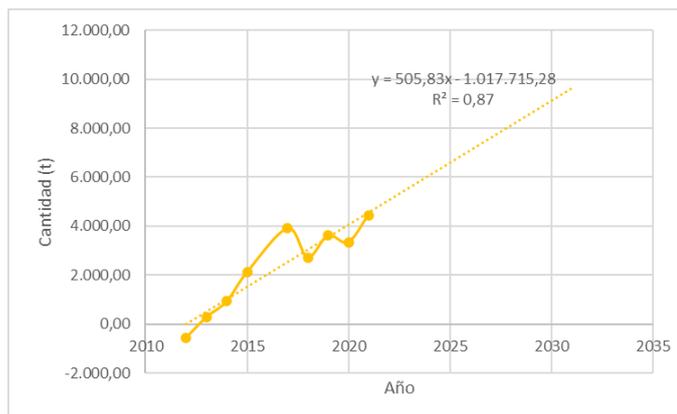


Figura 3.14: Proyección de la demanda nacional de acetona.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Mercado nacional de la materia prima

En Argentina, los principales productores de benceno y de la mezcla propano-propileno, se encuentran en Buenos Aires, Santa Fe, y Mendoza. A modo de descripción:

- ❖ **YPF S.A.:** con sede en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, YPF es una empresa que se dedica a la exploración, explotación, y demás actividades, para la producción de energía eléctrica, gas, petróleo y derivados de los hidrocarburos. También venden combustibles, lubricantes, fertilizantes, y otros productos relacionados. Es una empresa líder en la producción de químicos en Argentina. Produce, comercializa y distribuye productos de origen petroquímicos elaborados en los diferentes complejos de YPF QUÍMICA ubicados a lo largo del país. Estos productos tienen como destino los mercados químico, industrial y agrícola de Argentina, Latinoamérica y resto del mundo. Cuenta con cuatro complejos industriales estratégicamente localizados e integrados por una eficiente red logística: Ensenada, Buenos Aires; Luján de Cuyo, Mendoza; Plaza Huincul, Neuquén; y Bahía Blanca, Buenos Aires.

El complejo industrial Ensenada, es el principal complejo petroquímico de la Argentina. Integrado a la mayor refinería del país y provisto por ésta de las principales materias primas, nafta virgen y gas licuado de petróleo. En este complejo se elaboran la mayoría de los productos comercializados por YPF QUÍMICA.

Actualmente, tiene una capacidad de 950.000 toneladas de producción anual, produciendo un total de 526.000 toneladas al año de benceno y 140.000 toneladas al año de propileno, según el anuario 2021 del Instituto Petroquímico Argentino.

En el complejo industrial Luján de Cuyo, la refinería produce y abastece propileno a razón de 100.000 toneladas por año de propileno, según el anuario 2021 del Instituto Petroquímico Argentino.

- ❖ **Pampa Energía S.A.:** con casa central en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Participa en la generación y transmisión de energía eléctrica. Genera 4.970 MW de energía a través

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

de centrales térmicas, hidroeléctricas y parques eólicos. Participa en la transmisión, a través del co-control de Transener, que transporta el 85% de la electricidad de la Argentina. Desarrolla una intensa actividad en exploración y producción de gas y petróleo con presencia en 13 áreas de producción y 5 áreas de exploración en las cuencas más importantes del país. Es co-controlante de Transportadora del Gas del Sur (TGS), que transporta el 60% del gas consumido en el país.

Elabora una amplia gama de productos petroquímicos, siendo los principales productores de poliestireno, estireno y caucho de Argentina, y a través de su participación en Refinor, refina y comercializa combustibles en el norte del país.

Su complejo petroquímico Puerto General San Martín, ubicado en la provincia de Santa Fe, tiene una capacidad instalada de 155.000 toneladas al año, según el anuario 2021 del Instituto Petroquímico Argentino.

En la Argentina, la demanda del propileno es satisfecha mediante la producción en refinería, producción en petroquímica e importación; aunque este último, no se lo puede contar como un centro significativo de abastecimiento ya que las cantidades son bajas respecto a las dos anteriores nombradas. Esto se puede observar en la Tabla 3.9 y en la Figura 3.15, respectivamente.

Tabla 3.9: Mercado nacional del propileno.

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Producción en refinerías (t)	288.805	282.630	290.372	280.852	192.466
Producción en petroquímicas (t)	46.649	41.544	39.536	19.867	13.360
Producción total (t)	335.454	324.174	329.908	300.719	205.826
Importación (kg)	-	-	-	562	600
Consumo petroquímico (t)	310.629	304.803	297.305	269.620	198.339
Usos como combustibles y otros usos (t)	24.826	19.371	32.603	31.099	7.487

Fuente: (IPA, 2021)

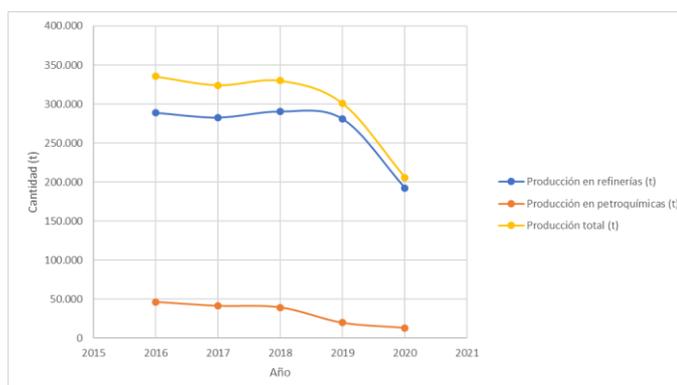


Figura 3.15: Mercado nacional del propileno.

Fuente: Elaboración propia.

En la Argentina, la demanda del benceno es satisfecha mediante la producción nacional e importación. Respecto de la importación, la misma fluctúa con máximos y mínimos en el período analizado, teniendo una tendencia a la baja, donde además y finalmente en los últimos

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

dos años, 2019 y 2020, fue nula la cantidad importada; tal como se puede observar en la Tabla 3.10 y en la Figura 3.16, respectivamente.

Tabla 3.10: Mercado nacional del benceno.

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción (t)	98.443	96.540	118.108	127.061	119.426	113.433	86.127	99.547	89.644
Importación (t)	49.542	37.370	16.129	9.017	8.875	22.947	18.718	-	-
Exportación (t)	8.383	13.614	-	6.252	-	-	-	10.448	4.184
Consumo aparente (t)	139.602	120.296	134.237	129.826	128.301	136.380	104.845	89.099	85.460

Fuente: (IPA, 2021)

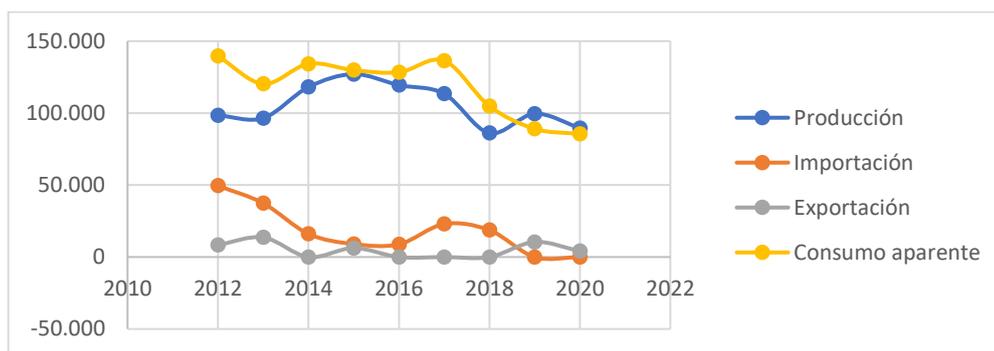


Figura 3.16: Mercado nacional del benceno.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Mercado previsto

Tanto el fenol como la acetona, se obtendrán en estado líquido. Estos productos se destinarán principalmente a cubrir el mercado interno, pero no lo estarán para el consumidor final, sino hacia distintas industrias. Estas industrias, en el caso del fenol, son de: herbicidas, resinas fenólicas e industrias químicas en general. En tanto para la acetona, se tratan de industrias de pinturas y barnices, tintas gráficas, adhesivos, farmacéuticas, y para industrias abocadas a la separación de parafinas.

3.8. Análisis FODA

El análisis FODA permite analizar las características internas y la situación externa del proyecto, concluido el estudio de mercado de los productos y de las materias primas.

Fortalezas (Interno)

- ❖ Mercado creciente por ser productos que sirven de materia prima para la fabricación de otros, que son cada vez de mayor demanda.
- ❖ Utilización de los subproductos del proceso, ya sea reutilizándolos en el mismo, o dándoles un aprovechamiento económico a través de su venta.
- ❖ Disponibilidad de abastecimiento de materias primas en el país.
- ❖ En el territorio nacional se cuenta con la infraestructura necesaria para la instalación del proyecto, ya sea tanto el espacio físico como disponibilidad de servicios.
- ❖ Consumo aparente nacional creciente en los próximos 10 años.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ Sustitución de las importaciones de fenol y acetona.

Oportunidades (externo)

- ❖ Promoción de la industrialización por sustitución de importaciones.
- ❖ Los productos abarcan grandes campos de aplicación en la actualidad, y se están desarrollando nuevos campos.
- ❖ En la actualidad la industria argentina no cuenta con una planta productora de fenol y acetona, por lo que la empresa sería pionera en este mercado, pudiendo ser atractiva para los inversores.
- ❖ Posibilidad de asociación con proveedores de materia prima.
- ❖ Posibilidad de acceso a nuevos mercados externos, debido a que existen pocos productores en Sudamérica.
- ❖ No requieren inserción en el mercado debido a que los productos son conocidos.

Debilidades (interno)

- ❖ Tecnologías que requieren gran inversión, alta capacidad de producción y estricto control para asegurar su calidad, funcionalidad y rendimiento.
- ❖ Requiere de personal altamente capacitado para su operación.
- ❖ Posibles costos elevados de producción, tanto en los equipos requeridos, como en las materias primas.
- ❖ Al ser una planta y una empresa de producción nueva, el reconocimiento en el mercado (nacional e internacional) es nulo.
- ❖ Competencia con productos internacionales altamente establecidos en el mercado y de alta calidad.
- ❖ Costos de producción locales que puedan restar rentabilidad al comparar con los costos que se tienen en otros países.
- ❖ La competencia la constituyen empresas multinacionales sumamente poderosas en el mercado.
- ❖ La materia prima necesaria está atada a la producción de la industria petrolera y su dependencia es alta.

Amenazas (externo)

- ❖ Crecimiento de conciencia social en cuanto a recursos no renovables.
- ❖ Existen desequilibrios económicos-financieros dentro del país que podrían perjudicar a la industria en cuestión.
- ❖ En la actualidad es difícil conseguir un buen financiamiento.
- ❖ Volatilidad e incertidumbre de los mercados, productos de las recurrentes crisis nacionales e internacionales.
- ❖ Competencias con industrias extranjeras del primer mundo, con elevada capacidad productiva, y que satisfacen gran parte de la demanda mundial de dichos productos.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

CAPÍTULO 4:

LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

4. Localización de la planta

4.1. Introducción

El objetivo de la localización de la planta industrial es la elección de un lugar físico específico, y es de suma importancia ya que la adecuada ubicación para su posterior éxito responde a criterios económicos y estratégicos. De ello, lo más importante es lograr que el costo de producción y distribución de los productos finales sean los mínimos, teniendo en cuenta a su vez el espacio para futuras ampliaciones como también las condiciones generales para la vida.

En primer lugar, se realiza un estudio de macro localización donde se delimitan posibles lugares. Posteriormente se realiza un análisis de micro localización, para evaluar comparativamente las diferentes zonas y determinar así el sitio más adecuado.

En la determinación del lugar de emplazamiento intervienen numerosos factores, entre estos, hay algunos tales como: localización de las fuentes de abastecimiento de las materias primas, y localización de zonas de consumo o mercados, que poseen mayor relevancia y son los que se analizarán a continuación para tomar las correctas decisiones. Estos elementos determinan una serie de ventajas y desventajas de las posibles zonas geográficas donde se podría ubicar la planta.

Otros factores por considerar para la localización óptima de la planta de fabricación industrial, son:

- ❖ Disponibilidad de mano de obra calificada;
- ❖ Calidad de vida;
- ❖ Disponibilidad de transportes;
- ❖ Acceso al terreno y construcción,
- ❖ Acceso a los suministros y servicios generales (agua, energía, combustible, efluentes, etc.).

4.2. Macro localización

La macro localización implica la realización de un análisis con el fin de evaluar y seleccionar la región o zona más adecuada, dentro del territorio de la República Argentina, que ofrezca las mejores condiciones para la instalación del proyecto, reduciendo así el número de posibilidades de ubicación. El proyecto de la planta de producción de fenol y acetona fue pensado para localizarse y ser comercializado en el territorio nacional, con el fin de abastecer la demanda local y sustituir las importaciones del fenol y la acetona que son requeridos en otras industrias. Es importante recordar que no existe producción nacional de fenol hasta el año 2022, y que la única planta productora nacional de acetona (a la fecha 31/12/2020) se encuentra inactiva.

Para ello, se realiza un análisis donde se evalúa en primer lugar, aquellas regiones que presenten fácil disponibilidad en el abastecimiento de materias primas para el proceso, y seguidamente la existencia de zonas de consumo.

4.2.1. Disponibilidad de materias primas

Este es un factor de mucha influencia al momento de localizar la planta, ya que es sustancial poder analizar las principales fuentes de suministros, distancias a los mismos y costos de transporte, a razón de que influirán en el precio final de cada producto.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, para la elaboración de fenol y acetona, es necesario que se produzca la oxidación del cumeno, para dar hidroperóxido de cumeno. Pero para la obtención del cumeno, son necesarios benceno y propileno como materias primas; y podría decirse entonces que el análisis se hace en base a estas.

Dado que el abastecimiento de benceno y propileno es fundamental para el proceso y considerando las condiciones que requiere cada uno para su transporte (ya sea por ruta, cañerías u otro medio), se realizará la macro localización en las cercanías de las industrias productoras de benceno y propileno existentes en el país. Las capacidades instaladas de tales industrias se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Capacidades instaladas de benceno y propileno por localización.

Empresa	Provincia	Complejo Industrial	Materia prima	Capacidad instalada (t/año)
YPF S.A.	Buenos Aires	Ensenada	Benceno	526.000
			Propileno	140.000
	Mendoza	Luján de Cuyo	Propileno	100.000
Pampa Energía S.A.	Santa Fe	Puerto Gral. San Martín	Benceno	155.000

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del anuario 2021 del IPA.

En base a la Tabla 4.1, se puede concluir que las tres provincias, Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe, poseen empresas manufactureras de las materias primas consideradas, por lo tanto, las tres ofrecen zonas muy favorables para la localización de nuestra planta respecto a este ítem.

4.2.2. Disponibilidad de zonas de consumo o mercados

Para tener una visualización general de los mercados de fenol y de acetona en el país, se procede a buscar por Google Maps industrias elaboradoras de: herbicidas; tintas gráficas; adhesivos; pinturas, barnices y productos de revestimiento similares; tintas de imprenta y masillas; y metil isobutil cetona (MIBK), que son las principales aplicaciones donde se utilizan fenol o acetona. A continuación, en la Tabla 4.2 se discrimina por producto, provincia y cantidad de empresas/fábricas existentes en tal provincia.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 4.2: Mercado nacional de fenol y acetona.

PRODUCTO FINAL	PROVINCIA	CANTIDAD DE EMPRESAS/FABRICANTE
Herbicidas	Buenos Aires	36
	Córdoba	9
	Santa Fe	15
	Tucumán	3
	La Pampa	1
	Mendoza	3
	Tierra Del Fuego	1
Tintas gráficas	Buenos Aires	10
Adhesivos	Buenos Aires	28
	Córdoba	1
	San Luis	1
	Santa Fe	3
	Rio Negro	1
Pinturas, barnices y productos de revestimiento similares, tintas de imprenta y masillas	Buenos Aires	8
	Santa Fe	6
	Córdoba	5
	Entre Ríos	1
	San Luis	1
Metil isobutil cetona - MIBK	Bs As	11
	Córdoba	1

Fuente: Elaboración propia.

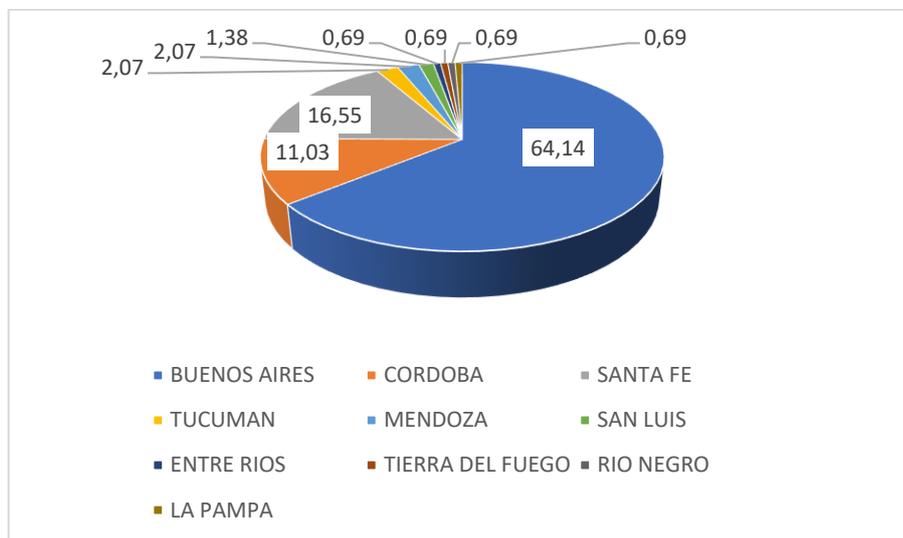


Gráfico 4.1: Distribución del mercado de fenol y acetona en Argentina.

Fuente: Elaboración propia.

De lo expuesto anteriormente, se podría decir que las provincias, Buenos Aires, Córdoba, y Santa Fe, son las que ofrecen mayor cantidad de consumidores de fenol y acetona destinados a distintas aplicaciones.

Se decide por la provincia de Buenos Aires como macro localización, por los siguientes motivos:

- ❖ Es la que ofrece las mejores posibilidades para la localización de la planta productiva, por ser donde se tiene la máxima concentración de posibles mercados consumidores (64,14%), y por ser también donde se concentra un poco más del 77% de la capacidad total instalada de producción de benceno en el país.
- ❖ Es la única provincia que tiene planta productora de benceno y propileno.

4.2.3. Disponibilidad de transportes

La República Argentina tiene aproximadamente 500.000 km de carreteras y caminos, de los cuales 38.000 km conforman la red primaria o Red Vial Nacional y 192.000 km la red secundaria o Red Vial Provincial, restando 270.000 km que forman la red terciaria dependiente de las municipales o comunas (ver Figura 4.1). En la red secundaria, cada provincia tiene una dirección provincial de vialidad, encargada del mantenimiento, ampliación y mejora de las rutas provinciales. La red Terciaria está compuesta por caminos, calles y rutas que dependen de los municipios, los que en conjunto suman alrededor de 270.000 km, de los cuales 100.000 km se encuentran en la provincia de Buenos Aires. Se debe diferenciar entre municipios urbanos y rurales (por tener problemáticas distintas) (E - ASPHALT, 2022).

También, el transporte en Argentina cuenta con un sistema ferroviario que posee trenes de carga conformados por 71 locomotoras y 5176 vagones en funcionamiento que tienen acceso a algunos puertos (Bonetto y otros, 2020).

En cuanto al transporte fluvial y marítimo, los principales puertos comerciales son Buenos Aires, Bahía Blanca, Quequén, Rosario y Paraná. Más del 90% del comercio exterior argentino, se realiza por vía marítima. El puerto de Buenos Aires concentra 60% del tráfico portuario. Los puertos argentinos tienen algunas desventajas: altas tarifas, escasa profundidad y limitada infraestructura. No existe un puerto de aguas profundas, salvo el de Madryn, que se encuentra fuera del área comercial (Farber y otros, 2017).

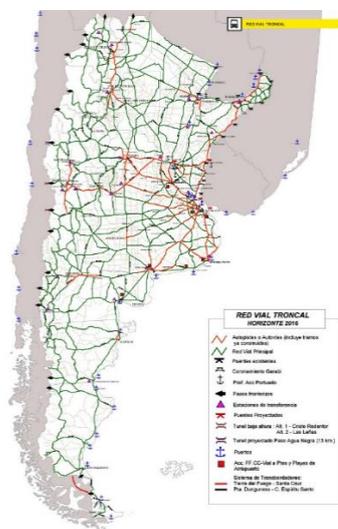


Figura 4.1: Mapa de red vial troncal de Argentina.

Fuente: (MAPA DE ARGENTINA, 2016)

4.3. Micro localización

La micro localización consiste en la selección específica del sitio o terreno que se encuentra en la región que ha sido evaluada anteriormente como la más conveniente.

Dentro de las provincias definidas por la macro localización, la provincia de Buenos Aires es la más apropiada. Los factores considerados como disponibilidad de materia prima y zonas de consumo son los que se centra la micro localización; además en esta provincia se encuentran la mayoría de los puertos lo que permite la exportación a países limítrofes. Se establece que la ubicación de la planta productora de fenol y acetona, dentro de la provincia de Buenos Aires, será en la ciudad de Ensenada (ver Figura 4.2), siendo esta ciudad la única a considerar por no haber otras plantas productoras de benceno y propileno dentro de dicha provincia.

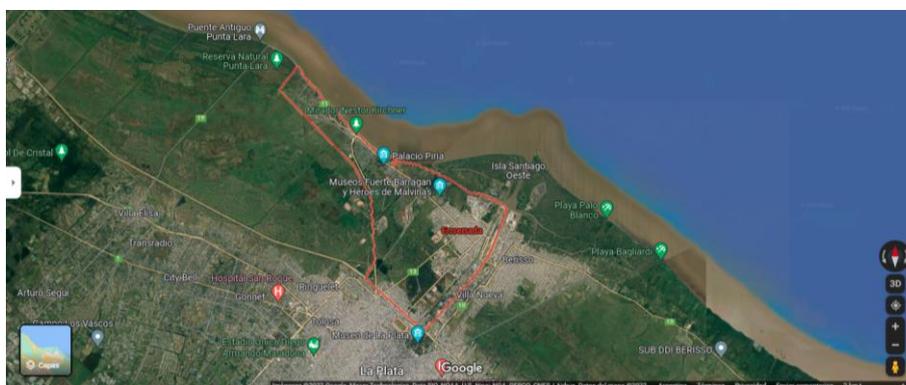


Figura 4.2: Demarcación de la ciudad de Ensenada, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

Fuente: (Google Maps, 2022).

El Complejo Industrial Ensenada, es el principal complejo petroquímico de la Argentina. Integrado a la mayor refinería del país y provisto por ésta de las principales materias primas, nafta virgen y gas licuado de petróleo. En este complejo se elaboran la mayoría de los productos comercializados por YPF QUÍMICA (YPF QUÍMICA, 2022).

El Astillero Río Santiago, los complejos siderúrgico y petroquímico, la zona franca y el puerto, transforman a Ensenada en un destacado polo industrial de la región. La empresa Siderar es la mayor empresa siderúrgica argentina y tiene una de sus plantas en Ensenada, ubicada frente al Puerto Ing. Rocca (Plata, 2009).

En conclusión:

- ❖ El Complejo Industrial Ensenada - YPF QUÍMICA (CIE), es el único complejo petroquímico productor de benceno y propileno del país. Allí es donde se producen cantidades satisfactorias para lo que requeriría la demanda estimada de nuestro proyecto. Por tal motivo, es que se pretende que la planta productora de fenol y acetona se instale lo más cerca posible de dicho complejo, ya que de esta manera el suministro de las materias primas se hará de forma rápida y controlada.

- ❖ La ciudad de Ensenada tiene cercanía con el puerto de La Plata (ver Figura 4.3), lo que facilitaría el abastecimiento de alguna de las materias primas necesarias para el proceso ante alguna eventualidad que pueda ocurrir en la industria nacional.



Figura 4.3: Visualización de la relativa cercanía del CIE con el Puerto La Plata.

Fuente: (Google Maps, 2022)

Respecto a los otros factores generales importantes para la ubicación de la planta tales como disponibilidad de: mano de obra, medios de transportes, y parques industriales, se mencionarán en base a la ciudad de Ensenada.

4.3.1. Mano de obra disponible

Considerando este factor, se ha analizado teniendo en cuenta el tamaño de población, el índice de desocupación, y el porcentaje de alfabetización. Según el último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado en Argentina el 18 de mayo de 2022 llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la ciudad de Ensenada cuenta con 64.406 habitantes (resultados provisorios), mostrando una tasa de crecimiento respecto al censo del 2010 del 10,41%, con un índice de desempleo del 6%. Además, el porcentaje de alfabetización es del 4,5% (INDEC, 2022).

Otro factor que se tiene en cuenta es la calidad de vida que ofrece la ciudad de Ensenada. Referido a este factor, en cuanto al ámbito académico, Ensenada posee todos los niveles educativos, lo que favorece la oferta de mano de obra calificada. Algunas de las escuelas y universidades disponibles en esta ciudad, se detallan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Universidades en Ensenada.

Escuela Naval Militar (Puesto 7)
Universidad Siglo 21
Universidad Nacional de La Plata (UNLP) (6,1 km de Ensenada) ¹
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata (UTN – FRLP) (4,41 km de Ensenada)
Universidad Católica de La Plata (6,8 km de Ensenada)

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, Ensenada cuenta con gran disponibilidad de mano de obra de calidad.

¹ Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, y Facultad de Psicología, se encuentran dentro del partido de Ensenada.

4.3.2. Parques industriales

Buenos Aires, cuenta con un total de 117 parques industriales, según el listado de Parques Industriales inscriptos en el Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI) actualizado al 12 de mayo de 2022 realizado por Ministerio de Desarrollo Productivo, entre otros (Productivo, 2022).

En la Figura 4.4 se puede observar la distribución, por regiones geográficas diferenciadas, de los distintos parques industriales existentes dentro del territorio nacional.

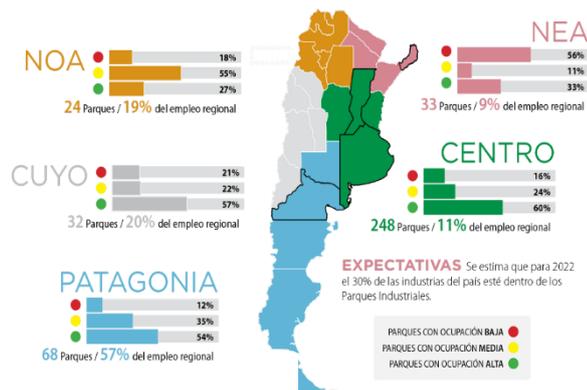


Figura 4.4: Mapa de los parques industriales existentes en Argentina.

Fuente: (Red Parques, 2018)

Es importante contar con parques industriales en donde localizar la planta ya que estos cuentan con una infraestructura adecuada porque organizan los lotes, los servicios, la circulación, el cuidado del medio ambiente y facilitan la operatoria diaria de las empresas. Hay un ahorro muy importante en la inversión de la infraestructura base –gas, energía y redes–, brindan seguridad física e industrial, exenciones impositivas y servicios varios, como bancos (Murciego, 2017).

En la Figura 4.5 se puede visualizar la existencia de algunos de los Parques Industriales registrados en el RENPI y su relativa cercanía a la ciudad de Ensenada (remarcada en el rectángulo de color naranja). En definitiva, se puede asegurar que no existen inconvenientes en cuanto a este factor.

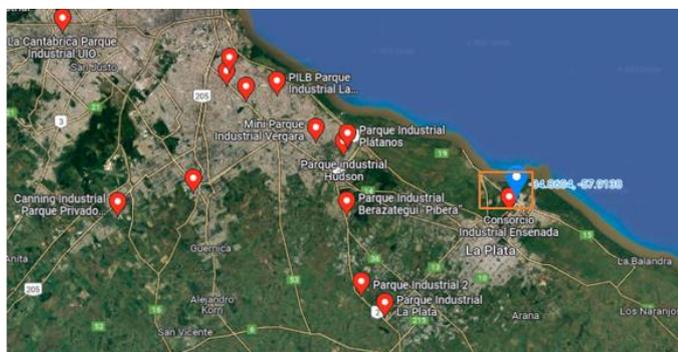


Figura 4.5: Parques industriales cerca de Ensenada.

Fuente: (Google Maps, 2022)

4.4. Características del terreno y disponibilidad de servicios

En este punto se comenta la disponibilidad, características y servicios del terreno que se encuentra en las inmediaciones del Complejo Industrial Ensenada – YPF QUÍMICA. De las siguientes figuras, Figura 4.6 y Figura 4.7, se pueden observar la demarcación total y división de las parcelas disponibles, respectivamente. Estas parcelas, pertenecen al Consorcio Industrial Ensenada S.A.



Figura 4.6: Demarcación del loteo correspondiente al Consorcio Industrial Ensenada.

Fuente: (Consorcio Industrial Ensenada S.A., 2017)

Como se detalla en la Figura 4.8, el parque industrial cuenta con un predio de 65 hectáreas, con parcelas que van desde los 2.000 m² hasta los 26.000 m². En este predio las parcelas cuentan con electricidad de media tensión, agua, cloacas, planta de tratamiento, gas natural y una calle de acceso principal de 20 metros de ancho para el ingreso de camiones de gran porte.

Para la ubicación de la planta de obtención de fenol y acetona se opta por elegir la parcela 2 con 20.073,03 m² (ver figura 4.8), considerando la misma como adecuada por tener a sus alrededores terrenos disponibles en caso de una eventual ampliación a futuro. Para ingresar, se baja por la Autopista Dr. Ricardo Balbín (Au. Buenos Aires – La Plata, Ruta Nacional 1), y se dirige luego por la Ruta Provincial 13 (Camino Rivadavia) hasta llegar a planta.

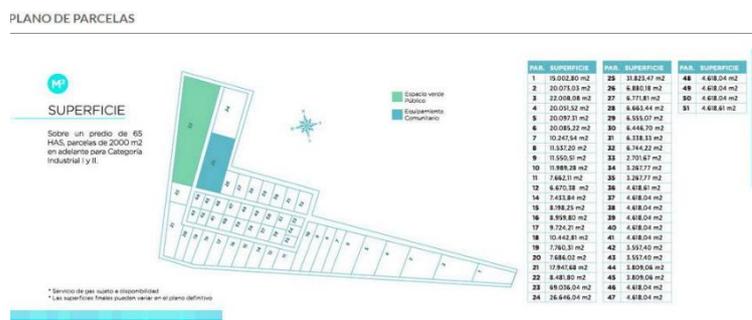


Figura 4.7: Plano de parcelas.

Fuente: (Consorcio Industrial Ensenada S.A., 2017)

CAPÍTULO 5:

CAPACIDAD DE LA PLANTA

5. Capacidad de la planta

5.1. Introducción

En el presente capítulo se determina uno de los aspectos fundamentales del proyecto, que es la definición de su tamaño. El tamaño de un proyecto es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Generalmente se define la dimensión del mercado como la más importante variable determinante del tamaño del proyecto, por tener una influencia tan grande como compleja. Sin embargo, no es posible tomar una decisión fundándose exclusivamente en este factor; para ello, se debe evaluar de manera complementaria la tecnología del proceso productivo, la disponibilidad de insumos, la localización y el financiamiento del proyecto, las reservas de los recursos y la posibilidad de cambios en los precios de los insumos a futuro, entre otros factores, que condicionan su tamaño.

Se decide estimar la dimensión de la planta considerando el factor del mercado, estando este como una función de la demanda con la cual se enfrenta el actual proyecto y se analizan sus proyecciones futuras, que puede ser variable en el tiempo, de los productos, con el objetivo de que el tamaño no responda a una situación de corto plazo, sino que, se optimice frente al dinamismo de la demanda. La demanda actual y futura debe ser satisfecha por el tamaño de la planta a diseñar, de lo contrario, se perderán oportunidades para generar beneficios y crecimientos.

En conclusión, la determinación del tamaño de la planta industrial requiere de la revisión y el análisis detallado del conjunto de factores tratados anteriormente, los cuales influyen en el monto de las inversiones necesarias para la instalación, en los niveles de rentabilidad que habrán de obtenerse y en las perspectivas del crecimiento de esta.

5.2. Determinación de la capacidad óptima

El tamaño a buscar en el presente proyecto, será el tamaño óptimo, y es aquél que permita mantener al mínimo los costos totales durante la vida útil estimada. Para determinar dicho tamaño, se considera la demanda insatisfecha del fenol y la acetona, y para ello es que se recurre a los datos obtenidos y analizados en el estudio de mercado (del capítulo 3, ver Tabla 3.5 y 3.6), permitiendo confeccionar la Tabla 5.1 y 5.2, donde se proyecta la demanda esperada para los próximos diez años, por considerarse la base para el cálculo de la capacidad de la planta, tal como se muestra a continuación. La decisión que se tome con respecto al tamaño de la planta determina el nivel de operación en base al cual y finalmente, se estimarán los ingresos por ventas.

Tabla 5.1: Proyección de la demanda nacional de fenol.

Año	Cantidad (t)
2022	14.791,73

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

2023	15.312,86
2024	15.833,99
2025	16.355,12
2026	16.876,25
2027	17.397,38
2028	17.918,51
2029	18.439,64
2030	18.960,77
2031	19.481,90

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.1: Proyección de la demanda nacional de fenol

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2: Proyección de la demanda nacional de acetona.

Año	Cantidad (t)
2022	5.072,98
2023	5.578,81
2024	6.084,64
2025	6.590,47

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

2026	7.096,30
2027	7.602,13
2028	8.107,96
2029	8.613,79
2030	9.119,62
2031	9.625,45

Fuente: Elaboración propia.

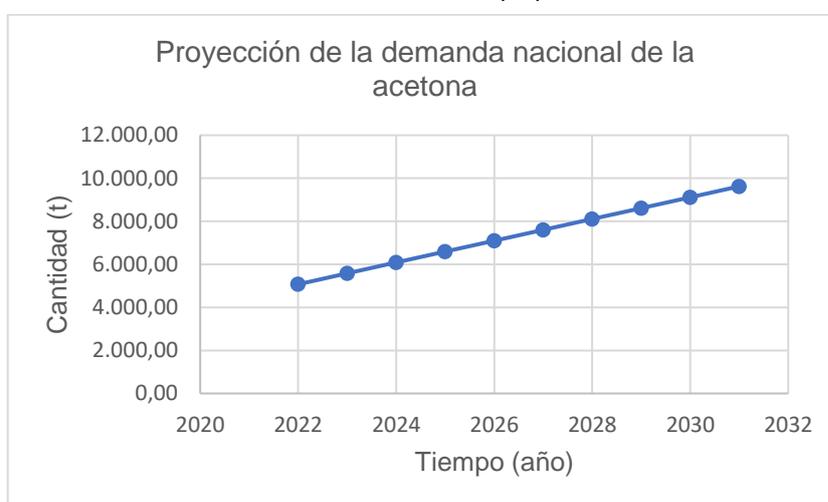


Figura 5.2: Proyección de la demanda nacional de acetona.

Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar la proyección de la demanda esperada se puede observar que presenta una tendencia creciente a lo largo de los años, por lo que, la producción debe acompañar dicha evolución.

Para determinar la capacidad óptima de producción del fenol y la acetona, primeramente, se debe estimar el valor de la tasa de crecimiento de la demanda que satisface el proyecto (r), utilizando para ello la siguiente ecuación y considerando los datos de la Tabla 5.1 y 5.2, correspondiente a cada producto.

$$r = \left[\frac{N_f}{N_i} \right]^{\frac{1}{t}} - 1$$

Ecuación 5.1

Fuente: (Sistema de Estadística Ambiental Argentina, s.f.)

Donde:

r : tasa de crecimiento estimada del mercado.

N_i : capacidad en el momento inicial del período.

N_f : capacidad al final del período.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

t : tiempo transcurrido entre i y f .

A partir de los datos expuestos, se estimó una tasa de crecimiento de mercado (r) de 0,028 para el fenol y 0,066 para la acetona.

El desarrollo porcentual de la demanda (R), es una función de la tasa de crecimiento estimada del mercado (r), que se puede expresar de la siguiente manera (Sapag Chain & otros, 1989):

$$R = (1 + r)$$

Ecuación 5.2

Fuente: (Sapag Chain & otros, 1989)

Por lo que, resulta: $R = 1,028$ para el fenol, y $R = 1,066$ para la acetona.

En aquellos mercados en los que los consumos de los productos presentan una tendencia creciente, como en el caso de este proyecto, al aplicar la Ecuación 5.3, se calcula el número de períodos (en años) en que se desarrolla el mercado desde que se inicia la producción de la empresa creada por el proyecto. La demanda que se observa en el período en que el mercado llega a su desarrollo óptimo, corresponde al tamaño óptimo (Sapag Chain & otros, 1989).

$$\frac{1}{R^n} = 1 - 2 \times \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) \times \left(\frac{R - 1}{R + 1} \right)^{(N-n)}$$

Ecuación 5.3

Fuente: (Sapag Chain & otros, 1989)

Donde:

R : desarrollo porcentual de la demanda.

α : exponente del factor escala.

N : vida útil del equipo.

n : período óptimo.

Si se han estimado con cierta certeza la vida útil de los equipos por utilizar y el crecimiento de la demanda, el tamaño óptimo del proyecto será aquél que permita mantener al mínimo los costos totales durante la vida útil estimada (Sapag Chain & otros, 1989).

El exponente del factor de escala (α) es, obviamente, el antecedente más difícil de calcular. Sin embargo, las Naciones Unidas publicaron una lista de factores calculados para las industrias químicas, petroquímicas y automovilísticas. Para nuestro proyecto, el factor de escala está referido al valor correspondiente para una industria de refinación de petróleo, por la cantidad de equipos y etapas que nuestra planta requerirá. Dicho valor, es de 0,67.

Por último, la vida útil de los equipos " N ", se estima en diez años ($N = 10$) por conveniencia que, por otra parte, coincida con los años analizados en el presente proyecto.

Partiendo de los valores para $\alpha = 0,67$; $R_{\text{fenol}} = 1,028$ para el fenol; $R_{\text{acetona}} = 1,066$, y reemplazándolos en la Ecuación 5.3, se obtiene, a través del método de aproximaciones sucesivas, un valor de período óptimo (n) correspondiente a 9,6 años aproximadamente para el fenol, y 9,7 años aproximadamente para la acetona.

Una vez calculado el período óptimo (n), se incorpora en la fórmula siguiente, para determinar el tamaño óptimo del proyecto:

$$D_n = D_0 \times (1 + r)^n$$

Ecuación 5.4

Fuente: (Sapag Chain & otros, 1989)

Donde:

D_0 : Magnitud del mercado actual.

D_n : Tamaño óptimo.

Aplicando los valores de la Ecuación 5.3, del tamaño del mercado actual (D_0), considerado un valor $D_0 = 14.791,73$ t/año para el fenol y $D_0 = 5.072,98$ t/año en el caso de la acetona (según Tabla 5.1 y 5.2 respectivamente) se obtiene, en función de las expectativas de crecimiento del mercado:

- ❖ Tamaño/capacidad óptima correspondiente al fenol [toneladas/año] = 19.282,03
- ❖ Tamaño/capacidad óptima correspondiente a la acetona [toneladas/año] = 9.429,92

Es importante aclarar, que este procedimiento sólo considera la restricción del mercado, sin incorporar las limitaciones que imponen las variables como: tecnología del proceso productivo, la disponibilidad de materia prima, la localización, el financiamiento del proyecto, la existencia de insumos sustitutos, entre otros factores.

5.3. Conclusión

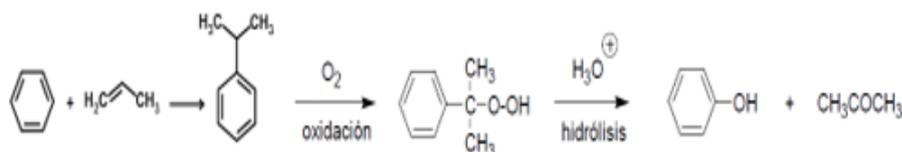


Figura 5.3: Reacción global.

Como se puede ver en la Figura 5.3, los productos obtenidos proceden de la misma reacción, de manera tal que por cada 1,00 kg de fenol se generan 0,617 kilogramos de acetona. Entonces, para abastecer toda la demanda de fenol (19.282,03 t/año) se producirá colateralmente 11.897,01 t/año de acetona, teniendo un exceso de 2.467,09 t/año de acetona, la cual tendrá destino de exportación.

Finalmente se escoge una capacidad de producción de 19.900 t/año de fenol.

CAPÍTULO 6:

PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO

6. Procesos de producción y selección del proceso

6.1. Introducción

En el presente capítulo se determina el proceso adoptado para la producción de fenol y acetona. Para ello, el mismo se divide en dos partes: en la primera, se describen los distintos procesos empleados, se analizan en detalle y se selecciona el que mejor se adapte a los objetivos del proyecto; y en la segunda, se describe cada etapa del proceso escogido y el correspondiente diagrama de flujo.

6.2. Métodos de obtención

6.2.1. Fenol

El fenol fue parcialmente aislado por primera vez mediante destilación de alquitrán de hulla por Friedlieb Ferdinand Runge en 1834, quien denominó a la sustancia ácido carbólico. Unos años más tarde, en 1841, Auguste Laurent fue el primero en aislar fenol puro en su forma cristalina, determinando su composición, temperaturas de fusión y ebullición, y denominando a la sustancia como hidrato de fenilo o ácido fénico. Obtenido principalmente de la destilación de materias primas como la madera o alquitrán de hulla, el fenol fue empleado por primera vez en 1865 por el cirujano inglés Joseph Lister en la Universidad de Glasgow (Escocia), siendo utilizado para la esterilización de heridas, ropas e instrumental de cirugía. Lister demostró que los pacientes que habían sufrido una cirugía tenían menor riesgo de infección y que mejoraba las probabilidades de supervivencia tras su uso.

Más tarde, un nuevo uso fue atribuido al fenol en 1871 con el descubrimiento de la naturaleza explosiva del ácido pícrico a manos de Hermann Sprengel y la popularización de su uso entre las potencias militares de la época, pues su síntesis a partir de fenol y ácido nítrico ya había sido descubierta por Auguste Laurent en 1841.

En la década de 1890 la producción de fenol empezó a pasar de la destilación de alquitrán de hulla a la síntesis mediante sulfonación, pues Karl Hermann Wichelhaus se había dado cuenta del valor de las reacciones descubiertas por Faraday en 1826. Las primeras plantas se construyeron en Alemania, aunque su producción era insignificante. Unos años después con el descubrimiento de la síntesis de la aspirina en 1898 por parte de Felix Hoffman, se fundaron varias plantas menores de producción de fenol, vendiendo la mayoría de su producto a la industria farmacéutica.

Al comienzo del siglo XX la demanda de fenol sufrió un crecimiento significativo debido a la comercialización de las primeras resinas fenólicas como la bakelita. Puesto que la gran mayoría de la producción de fenol se encontraba en Alemania, Leo Baekeland lanzó allí su primera planta de producción en mayo de 1910.

Con el inicio de la Primera Guerra Mundial en 1914, la demanda de fenol para la producción de ácido pícrico creció enormemente, construyéndose inmensas plantas basadas en los procesos de sulfonación y cloración, destinadas a suplir a las potencias militares del conflicto.

Es por ello que tras el armisticio de 1918 la demanda de la sustancia cayó en picada, dejando reservas equivalentes a varios años de consumo normal de fenol sin cabida en el mercado. Esto llevó al desmantelamiento de las plantas construidas durante la guerra, mientras que el producto ya fabricado fue lanzado al mercado de forma controlada con el fin de prevenir pérdidas serias a la industria, siendo las últimas reservas llevadas a consumo en 1923, época en la que la demanda volvía a crecer debido al desarrollo de la industria de las resinas fenólicas, obligando a la reapertura de nuevas plantas de producción de fenol.

Nuevamente la demanda de fenol volvió a crecer con el comienzo de la Segunda Guerra Mundial, época en la que se produjo el desarrollo e implementación en el mercado del proceso Hock, también denominado proceso del cumeno, que más adelante se convertiría en el método más empleado para la producción de fenol.

Finalmente, la primera planta de producción de fenol mediante la oxidación de tolueno es inaugurada en 1960, pero debido a las altas demandas energéticas del proceso este método ha visto su uso altamente reducido con el paso de los años.

Métodos de producción de fenol

Tal y como se ha comentado anteriormente, a lo largo de la historia se han ido desarrollando distintos métodos de producción de esta sustancia, enumerándose a continuación los más importantes:

Proceso de sulfonación del benceno

Este proceso parte de benceno como materia prima y es el método más antiguo empleado para la producción de fenol. El benceno reacciona con ácido sulfúrico y tratado con hidróxido de sodio para obtener fenóxido sódico, que más tarde es acidificado para obtener fenol y la sal correspondiente, tal y como muestra la siguiente ecuación:

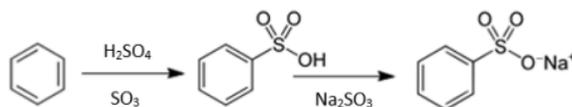


Figura 6.1: Reacción de sulfonación del benceno y formación del bencensulfonato de sodio.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

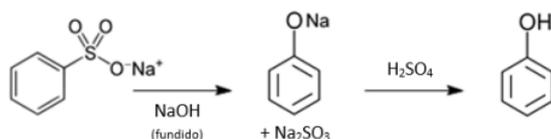


Figura 6.2: Reacciones de formación de fenol a partir de bencensulfonato de sodio.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

El proceso industrial estaba compuesto por cuatro etapas principales:

- Sulfonación, en la que el benceno es reaccionado con ácido sulfúrico a 150 – 170 °C para formar ácido bencensulfónico.
- Neutralización, en la que el ácido bencensulfónico era reaccionado con sulfito sódico para formar bencensulfonato de sodio.
- Fusión, en el que el bencensulfonato de sodio es fundido a 300 °C con hidróxido de sodio para formar fenóxido de sodio.
- Acidificación, el fenóxido de sodio es reaccionado nuevamente con un ácido fuerte para formar fenol crudo y la sal correspondiente.

Este proceso se realizaba en ciclos discontinuos a gran escala debido a la lenta velocidad de reacción en la etapa de fusión, que tenía tiempos de residencia de entre 5 y 6 horas.

Las mayores desventajas de este proceso se encontraban en la inevitable y alta formación de sales, así como en el alto coste energético de las etapas individuales del proceso.

Procedimiento de cloración (proceso Dow)

El método Dow es conocido como el proceso clásico de obtención de fenol a partir de la cloración de benceno y fue empleado ampliamente por Dow y Bayer hasta finales de la década de 1970.

Este método está basado en un proceso de dos etapas, producción de clorobenceno mediante cloración, e hidrólisis del clorobenceno en fase líquida o gas para obtener fenol. De tal forma, la reacción global del proceso es la siguiente:

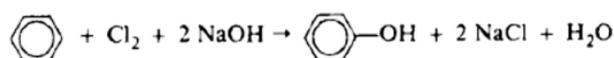


Figura 6.3: Reacción global del proceso Dow.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

El benceno es introducido en un reactor de columna de burbujeo junto con cloro gas a una temperatura de 25 °C a 50 °C en presencia de cloruro de hierro (III) como catalizador. La selectividad de la reacción ronda el 95%, obteniéndose clorobenceno y diclorobenceno como subproductos con los isómeros orto y para.

A continuación, el clorobenceno ingresa a una etapa de hidrólisis en la que se añade hidróxido de sodio o carbonato sódico hasta obtener una solución del 10 – 15% en peso a una temperatura de 360 – 390 °C y presiones de 280 – 300 bar. Además de fenol, se obtiene difeniléter, o-fenilfenol y p-fenilfenol como subproductos.

Además de las extremas condiciones de reacción necesarias, la mayor desventaja de este método es que el cloro empleado es perdido en forma de cloruro sódico.

Procedimiento regenerativo (procesoo Raschig)

El proceso Raschig-Hooker recibe su nombre del alemán Friedrich Rasching y fue sustituyendo a los procesos clásicos de cloración debido a sus ventajas. Al igual que el proceso Dow, se basa en la cloración de benceno a clorobenceno y más tarde su hidrólisis a fenol, añadiendo un conjunto de variaciones al método. La reacción global del proceso es la siguiente:



Figura 6.4: Reacción global del proceso Raschig-Hooker.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

El proceso comienza con la oxiclорación de benceno con ácido clorhídrico y aire a 240 °C y a presión atmosférica, utilizando como catalizador cloruro de cobre (II) y de hierro (III). La conversión de benceno en esta etapa se encuentra limitada al 10 – 15% para evitar la formación de diclorobencenos, empleando el ácido clorhídrico como reactivo limitante y buscando su conversión completa. La fracción de diclorobencenos obtenida es del 6 – 10%, siendo algo más elevada que en el método clásico **Fuente especificada no válida.**

La etapa de hidrólisis se realiza de forma catalítica en presencia de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2/\text{SiO}_2$ junto con agua a una temperatura de 400 – 450 °C. La conversión obtenida en esta etapa es del 10 – 15%, siendo la selectividad global del proceso de un 70 – 85%. Debido a deposiciones de carbono en el catalizador, éste debe ser renovado frecuentemente.

La mayor ventaja con respecto al método clásico es la posibilidad de reciclar el ácido clorhídrico empleado, tomando en la reacción global el papel de catalizador. Sin embargo, la naturaleza corrosiva de este compuesto lleva a grandes inversiones de planta para mejorar la resistencia a la corrosión. Adicionalmente, las etapas de vaporización de ácido clorhídrico suponen grandes consumos de energía.

Proceso de oxidación directa de benceno

La oxidación directa de benceno es el proceso más simple para producir fenol. El benceno se puede oxidar fácilmente en presencia de aire. Sin embargo, el fenol que se forma también se oxida, y más rápidamente aún. Por tanto, reacciona continuamente con oxígeno u otro agente oxidante de tal forma que se forma dióxido de carbono y agua. Por lo tanto, la conversión de benceno a fenol se limita a un pequeño porcentaje.

Este método, por las razones descritas, no es usado industrialmente. Sin embargo, hacia 1990 se realizaron varios intentos de comercialización usando óxido nitroso como agente oxidante en un proceso heterogéneo en fase gaseosa.

Proceso tolueno

El principio catalítico en el que se basa este proceso surgió originariamente de una serie de estudios referentes a la pirólisis del benzoato de cobre (II), donde se comenta que entre los productos de la reacción podía encontrarse ácido benzoico y fenol entre otros. Este descubrimiento llevó a la aparición de una serie de patentes sobre la producción de fenol, seguido de un gran número de publicaciones sobre el tema **Fuente especificada no válida..** Este proceso fue empleado principalmente por Dow y California Research. Se trata de un proceso de dos etapas en el que primero se realiza la oxidación de tolueno a ácido benzoico, el cual es descarboxilado oxidativamente para formar fenol. Ambas reacciones precisan de catalizador, siendo la reacción global del proceso, la siguiente:

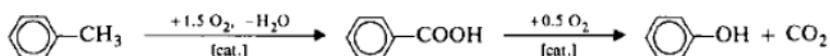


Figura 6.5: Reacción global del proceso tolueno.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

La producción del ácido benzoico puede ser realizada por distintas rutas. El método empleado por Dow oxidaba el tolueno en fase líquida con aire en presencia de sales de cobalto a una temperatura de 110 – 120 °C y una presión de 2 – 3 bar. La selectividad a ácido benzoico de esta reacción es del 90%.

En la segunda etapa del proceso, el ácido benzoico purificado es carboxilado oxidativamente en forma fundida o en un solvente de alto punto de ebullición a una temperatura de 220 – 250 °C, estando en presencia de una mezcla vapor/aire y de sales de cobre. La selectividad total con respecto al tolueno ronda el 75%.

El efecto catalítico del ion cobre (II) involucra la formación intermedia de benzoato de cobre, que es escisionado térmicamente en CO₂, ion de cobre (I) y benzoato de fenilo. El éster es hidrolizado en fenol y ácido benzoico, mientras que el ion de cobre (I) es reoxidado con aire. Entre las grandes ventajas de este método encontramos una alta economía atómica y unas condiciones de proceso suaves en comparación a métodos previos, pero el costo energético de las etapas auxiliares y su moderada selectividad ha hecho que caiga frente a otros procesos.

Proceso Hock u oxidación del cumeno

El proceso Hock es un proceso industrial capaz de obtener grandes volúmenes de fenol y acetona a partir de cumeno. Su descubrimiento se hizo de forma independiente tanto por R. Ūdris y P. Sergeyev en 1942 (Rusia), como por Heinrich Hock en 1944 (Alemania).

Este proceso consta de dos etapas, la fabricación de cumeno, y la posterior fabricación de fenol. El proceso de cumeno usa como materias primas benceno y propileno para formar

mediante una reacción de alquilación cumeno y diisopropilbenceno, DIPB, como principal subproducto. El esquema de reacción se muestra en la Figura 6.6.

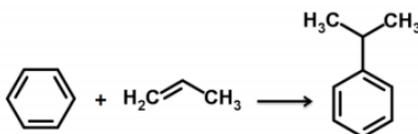


Figura 6.6: Proceso de obtención del cumeno.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

En la etapa de transalquilación el DIPB es reaccionado con benceno para formar cumeno. Tanto el reactor de alquilación como el de transalquilación utilizan zeolitas como catalizador. El cumeno producido es separado y purificado en el tren de destilación de la mezcla efluente de reacción.

La segunda etapa se basa en la oxidación de cumeno con aire a hidroperóxido de cumeno (HPC) en un reactor multietapa en fase líquida. La mezcla es entonces destilada en un sistema de vacío. El HPC concentrado es escindido catalíticamente en medio ácido en donde se produce tanto fenol como acetona en cantidades equimolares. El fenol y la acetona son purificados por destilación. La reacción global del proceso queda recogida en la siguiente figura:

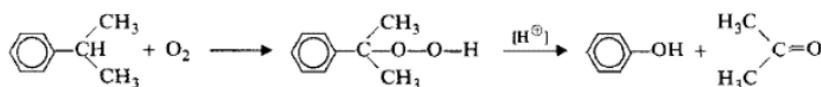


Figura 6.7: Reacción global del proceso Hock.

Fuente: (Sánchez Romero, 2019)

A pesar de las distintas variaciones existentes, la mayoría de métodos actuales se basan en cinco etapas:

- Oxidación de cumeno a hidroperóxido de cumeno (HPC).
- Destilación y producción de HPC técnico.
- Descomposición de HPC.
- Separación y purificación de los productos de reacción.
- Hidrogenación de alfa metilestireno (AMS).

Implantándose la última etapa en caso de que el AMS no sea de interés económico y formar de nuevo cumeno, o bien purificarlo en la planta de alfa metilestireno para su comercialización. La mayor ventaja de este proceso se encuentra en la alta selectividad hacia fenol y acetona, pudiendo superar en procesos actuales el 95% con respecto al cumeno y teniendo consumos energéticos equiparables o, en algunos casos, menores al de otros procesos contemporáneos.

6.2.2. Acetona

Los procesos de producción de acetona empezaron a surgir a partir de la Primera Guerra Mundial debido a su creciente demanda. Todos los procesos de producción de acetona que se detallarán a continuación fueron tomados de (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Actualmente el proceso más utilizado en la producción de acetona es el proceso vía cumeno, también conocido como proceso Hock.

Métodos de producción de acetona

Destilación de la madera

Hasta la Primera Guerra Mundial la acetona era producida por destilación de madera. Consiste en calentar la madera en un recipiente cerrado y recoger los líquidos y gases producidos. Los gases pueden condensarse para obtener ciertos productos químicos.

Una tonelada de madera seca tratada produce 300 kg de carbón vegetal, 140 m³ de gas combustible, 14 litros de alcohol metílico, 52 litros de ácido acético, 8 litros de ésteres, 3 litros de acetona, 76 litros de aceite de madera y de alquitrán ligero, 12 litros de aceite de creosota y 30 kg de brea.

Proceso de fermentación

Debido a la alta demanda de acetona en la Primera Guerra Mundial para la gelatinización de explosivos y la producción de barnices para el revestimiento de la tela de los aeroplanos y la poca eficiencia de la destilación para la obtención de acetona, se creó la necesidad de desarrollar nuevos procesos más eficientes, lo cual dio lugar al proceso de fermentación.

El proceso de fermentación fue desarrollado por Chaim Weizmann basada en la fermentación de almidón de maíz o melaza por enzimas especiales, se producía dos o tres partes de alcohol butílico por cada parte de acetona. Se componía de cuatro operaciones: preparación de la harina y el mosto, producción de cultivos, fermentación y destilación.

Es un método biológico que consiste en la fermentación de sustancias que contengan almidón con bacterias como *aceto butílicus* que, además, produce alcohol butílico, la bacteria *aceto aethylicus* o bacteria *maserans*. Se tiene conocimiento que este método es utilizado a nivel industrial en Francia y en Norteamérica, pero es de notar que, debido al tiempo de fermentación de 57 días, ha hecho que esta industria sea relegada a otras especies tales como la fermentación alcohol butílico, y a la aparición de otro proceso de menor costo a partir de propileno.

Proceso del propileno

Uno de los procesos más importantes es a partir del propileno, obtenido del craqueo del petróleo. Con la adición de ácido sulfúrico al propileno se obtiene sulfato de ácido de isopropilo. Posteriormente mediante hidrólisis se produce alcohol isopropílico. Finalmente, mediante oxidación o deshidrogenación, en presencia de catalizadores metálicos, como el cobre, a temperaturas entre 300 - 400 °C se transforma el ácido en acetona.

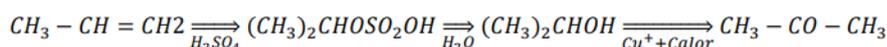


Figura 6.8: Reacción del propileno

Fuente: Google imágenes

Proceso del ácido acético

Reacción descubierta por Squibb hacia 1986, utiliza una descomposición catalítica del ácido acético libre, bajo catalizadores como carbón de madera, alúmina a 340 – 400 °C, óxidos de torio y uranio, cobre a 390 – 410 °C, óxidos y polvos de zinc, entre otros; que proveen una afinidad hacia la reacción principal y no a la secundaria.

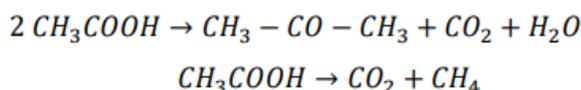


Figura 6.9: Reacción del ácido acético

Fuente: Google imágenes

Proceso del alcohol isopropílico

Se puede obtener acetona mediante:

- Desidrogenación: catalizada del alcohol isopropílico vaporizado con óxido de zinc sobre piedra pómez u otro catalizador, e introducido en un reactor multitubular a 250 – 270 °C. Los vapores de acetona son parcialmente condensados y pasan a un separador líquido-vapor. La acetona es separada del hidrógeno y extraída en una planta de enfriamiento. El hidrógeno obtenido tiene una pureza del 99% y la acetona se purifica con tres columnas rectificadoras obteniéndose con una pureza del 99,5%. Ocurre una reacción endotérmica.

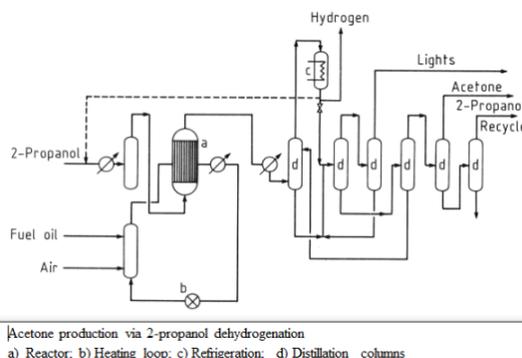


Figura 6.10: Esquema del proceso de producción de acetona a partir de isopropanol.

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

- b) Oxidación: la reacción llevada a cabo en este proceso (Figura 6.11) se realiza en ausencia de catalizador. El isopropanol reacciona con el oxígeno mediante un mecanismo de radicales libres para dar lugar a acetona y peróxido de hidrógeno.

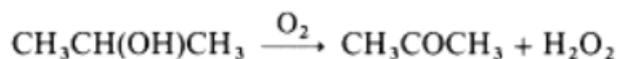


Figura 6.11: Esquema de la reacción de producción de acetona a partir de la oxidación de isopropanol

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Es de notar que actualmente el alcohol isopropílico por su condición de alto costo, se está utilizando en procesos que proveen mejores productos y se está aprovechando para otras condiciones como biodiésel.

Oxidación de propeno (proceso Wacker-Hoechst)

Este proceso de obtención de acetona es análogo al de obtención de acetaldehído a partir de oxidación de etileno según el proceso Wacker-Hoechst. La solución catalizadora que se emplea usualmente está formada por cloruro de paladio (II), cloruro de cobre (II) y ácido acético. La reacción (Figura 6.12) se lleva a cabo en dos etapas alternas. En la primera etapa, los iones metálicos son oxidados hasta su estado de oxidación +2 mediante aire. En la segunda etapa, se elimina el aire y se añade el propeno. El paladio (II) oxida el propeno y el paladio (I) resultante se vuelve a oxidar por el cloruro de cobre (II).

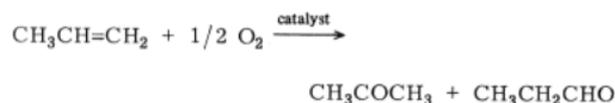


Figura 6.12: Esquema de la reacción de producción de acetona a partir de propeno

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Las condiciones de reacción típicas son: una presión de operación de entre 10 a 14 bar y una temperatura de operación de entre 110 °C y 120 °C. La conversión de propeno es superior al 99%.

Oxidación de p-diisopropil benceno

En este proceso, la acetona se produce junto con la hidroquinona (Figura 6.13) mediante un mecanismo similar al de la oxidación de cumeno. El p-diisopropil benceno es oxidado con oxígeno en presencia de sosa cáustica para formar el dihidroperóxido de p-diisopropil benceno. Este último se cristaliza y se lava con benceno. A continuación, se disuelve en acetona y se escinde en hidroquinona y acetona en presencia de ácido sulfúrico. Finalmente, se neutraliza el ácido con amoníaco y se filtra el sulfato de amonio formado. La acetona se recupera por destilación.

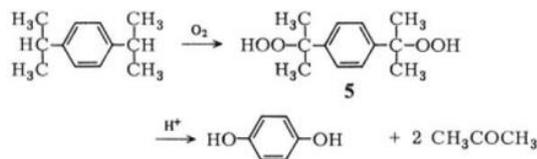


Figura 6.13: Esquema de la reacción de obtención de acetona a partir de la oxidación de p-diisopropil benceno

Fuente: (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Fermentación de biomasa

Este proceso se basa en la fermentación de carbohidratos procedentes del almidón de maíz y de las melazas para producir una mezcla de 1-butanol, acetona y etanol con una concentración global del 2%. Estos productos se destilan al vapor y posteriormente se fraccionan.

El proceso se inició durante la Segunda Guerra Mundial para obtener la acetona necesaria para la fabricación de cordita. Actualmente, se emplea poco a nivel industrial. Su futuro está asociado a la disponibilidad de materias primas petroquímicas (Ullmann, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016).

Proceso del acetileno

Esta síntesis consiste en pasar vapor de agua y acetileno sobre catalizadores adecuados como limonita parcialmente reducida por el hidrógeno, óxido de torio o una sal doble de torio con sales alcalinotérreas.

Otros procesos

Actualmente, se reportan otros métodos que debido a su composición y forma de tratamiento han pasado a un segundo plano.

La obtención de acetona a partir de acetato de calcio es reportada hacia 1930, esto implica una destilación seca sobre catalizador de hierro, obteniéndose una acetona bruta que luego tendrá que ser purificada según:

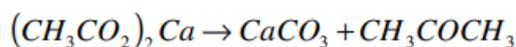


Figura 6.14: Reacción de acetato de calcio

Fuente: Google imágenes

6.3. Proceso seleccionado: proceso Hock

La vía de cumeno es la que mejor se adapta a las necesidades de montaje de un proceso. El método de Hock como es conocido ha sido implementado en casi todo el mundo en la producción de fenol como producto principal, resultando la acetona y el alfa metilestireno como subproductos rentables. El cumeno es oxidado al hacer burbujear aire u oxígeno hacia

hidroperóxido de cumeno, y éste a su vez es descompuesto bajo condiciones ácidas y térmicas hacia la producción de fenol y acetona.

La elección de este proceso es evidente, dado a que presenta las siguientes ventajas:

- ❖ los insumos utilizados, aire y ácido sulfúrico, son relativamente de bajo costo.
- ❖ es un proceso industrial capaz de obtener grandes volúmenes de fenol y acetona a partir de cumeno.
- ❖ se reporta como una síntesis donde no se desperdician productos costosos, posee condiciones suaves y un bajo costo de maquinaria y equipo, de acuerdo con la bibliografía estudiada.

6.3.1. Descripción del proceso

Para comenzar el proceso productivo de obtención de fenol y acetona se somete al benceno y mezcla de propano-propileno a una serie de etapas descritas a continuación para la producción de cumeno el cual, se descompone bajo condiciones de operaciones óptimas hacia la producción de fenol y acetona.

Etapas principales:

- a) Ingreso de materias primas.
- b) Obtención de cumeno por reacción de alquilación.
- c) Purificación del cumeno.
- d) Oxidación del cumeno a hidroperóxido de cumeno (HPC).
- e) Destilación y producción del HPC técnico.
- f) Descomposición del HPC.
- g) Separación y purificación de los productos de reacción.

a) Ingreso de materias primas

Se parte de dos corrientes de entrada, una de benceno y otra de propileno con un 5% de propano. El benceno fresco es transferido hacia un mezclador estático (M-101), en donde se mezcla con una corriente de reciclo proveniente del tope de la primera columna de destilación (C-101) la cual contiene fundamentalmente benceno, con trazas de cumeno, propileno y propano. El benceno recirculado incrementa la relación benceno/propileno en el reactor (R-101) y consecuentemente minimiza la producción de DIPB.

Pasado por el mezclador M-102, la mezcla benceno + propano + propileno, pasan por un intercambiador de calor de tubo y coraza (E-101), donde por la zona de tubos se encuentran los reactivos para su calentamiento para alcanzar la temperatura óptima a la entrada del reactor y así favorecer la reacción de alquilación; mientras que por la zona de coraza fluyen los productos de la reacción que se introduce para su enfriamiento.

b) Obtención de cumeno por reacción de alquilación

Los reactivos entran al reactor, éste se trata de un reactor multitubular de lecho fijo, con el 50% del volumen de los tubos ocupados por zeolita tipo β , catalizador de la reacción (ver Figura 6.6). La zeolita, hace que la cinética de obtención de cumeno (reacción principal) se vea favorecida con respecto a la de DIPB, consiguiendo la selectividad deseada de la reacción.

c) Purificación de cumeno

A la mezcla gaseosa reaccionante proveniente del reactor (R-101) se le reduce la presión y seguidamente es enfriada en el intercambiador de tubo y coraza (E-101) utilizado para precalentar los reactivos, obteniéndose una mezcla bifásica vapor/líquido a la salida. Esta mezcla bifásica es enviada posteriormente al paso por dos separadores flash (F-101/2), donde se separan los gases de la porción líquida. Las corrientes líquidas son enviadas hacia la primera columna de destilación (columna de benceno), donde el benceno y el propano remanente son separados del cumeno y el DIPB. La corriente del tope, rica en benceno es enfriada por medio de un intercambiador de calor de tubo y coraza, y recirculada al proceso (M-101). La corriente del fondo es enviada hacia la segunda columna de destilación (columna de cumeno), en la cual se lleva a cabo la purificación del cumeno, esto es, su separación del DIPB. En esta columna se obtiene cumeno por el tope con una pureza del 99,9%, mientras que el DIPB es obtenido por el fondo y puede ser comercializado como combustible. Debido a que las temperaturas de ebullición del benceno, cumeno y DIPB varían considerablemente entre sí, las separaciones de los componentes en las columnas de destilación se llevan a cabo fácil y eficientemente.

d) Oxidación del cumeno

El cumeno purificado, proveniente de la columna C-102, es introducido en el sistema de reacción junto con aire, donde se produce la oxidación del cumeno a hidroperóxido de cumeno seguido de la separación de la fase gaseosa restante tras la reacción. El porcentaje de oxígeno a la salida del reactor se mantiene entre un 2 y un 3%, tomando como límite superior un 4%, para evitar así que se creen atmosferas explosivas con el HPC. Se pueden utilizar entre 3 a 4 oxidadores en serie ya que la conversión de cumeno a hidroperóxido es baja.

La cinética del proceso se encuentra definida por un mecanismo de cadena de radicales auto catalizado, y su selectividad es altamente afectada por la presencia de compuestos de azufre y fenol, que actúan como inhibidores de las reacciones de producción de hidroperóxido de cumeno. Los pasos para formar el hidroperóxido y demás compuestos son:

1. Se inicia la descomposición de algunos hidroperóxidos de cumeno (ROOH) para dar RO^* y radicales OH^* , los que reaccionan con el cumeno para formar radicales R^* .

2. Se propagan los radicales R^* , el cual forma rápidamente ROO^* en la presencia de Oxígeno, además, interactúa con el cumeno para formar el hidroperóxido y generar el radical R^* .

3. Se termina cuando los radicales se recombinan; los principales productos formados en la oxidación además del HCP son productos que se originan a partir del radical RO^* , siendo así la formación de dimetil fenil carbinol (DMPC) a partir del cumeno, además, se origina acetofenona por descomposición homolítica quedando un radical metilo que reacciona con oxígeno para obtenerse otros productos como metanol, formaldehído, ácido fórmico y dióxido de carbono.

El proceso ocurre generalmente a alta presión y a temperaturas de entre 85 y 115°C. En esta etapa se desean conversiones cercanas al 20%, pues a partir de ésta, la velocidad de producción del hidroperóxido comienza a decrecer de manera significativa hasta detenerse en conversiones cercanas al 35%. Junto al producto principal, reacciones secundarias producen dimetil bencil alcohol (DMBA), trazas de acetofenona (AP) y ácidos orgánicos como el ácido fórmico, ácido benzoico o ácido acético.

e) Destilación y producción de HPC técnico

En esta etapa la mezcla de hidroperóxido de cumeno al 20-25% en peso es concentrada hasta el 75-82% en peso, creando una corriente de HPC técnico, que más tarde será alimentada a la etapa de descomposición.

La tecnología más empleada es la destilación mediante el uso de columnas de rectificación, pudiendo existir un paso previo de destilación flash. Puesto que a temperaturas superiores a 120 °C el hidroperóxido de cumeno se degrada, es recomendable mantener las corrientes de salida del proceso de destilación a una temperatura comprendida entre 90 y 105 °C. Este criterio es conseguido bajando la presión de los equipos de destilación, ya que, a presión atmosférica, el punto de ebullición del cumeno se encuentra a 152,40 °C.

Una vez finalizada la rectificación, el destilado de cabeza, compuesto principalmente de cumeno, es calentado (E-201) previo al tren de reactores de oxidación (R-201/2/3) mientras que el HPC técnico pasa a la siguiente etapa del proceso.

f) Descomposición del HPC

La descomposición de hidroperóxido de cumeno, está compuesta por un reactor de flujo pistón (R-301), donde se produce la escisión catalítica del hidroperóxido de cumeno en fenol, acetona y alfa metilestireno.

La reacción ocurre en reactores isotérmicos a una temperatura de alrededor de 50 °C y a presión atmosférica, con concentraciones de catalizador ácido que pueden variar desde el 0,003% hasta el 0,50% en peso según el método empleado.

En esta etapa es imprescindible trabajar a temperatura controlada y presión atmosférica hasta alcanzar una conversión casi total del peróxido de dicumilo. De esta forma se consigue aumentar la selectividad del proceso y reducir los alquitranes de fenol generados.

g) Separación y purificación

La mezcla resultante de la etapa de descomposición es destilada en una serie de torres de destilación a baja presión hasta la calidad comercial deseada. Los productos de principal importancia a separar son fenol, acetona y alfa metilestireno.

Es de importancia que la primera columna de separación (C-301) trabaje a presiones inferiores a la atmosférica con el fin de desplazar el azeótropo existente entre el fenol y compuestos como el cumeno o el alfa metilestireno. Esto se debe a que el fenol que no pueda ser separado de los compuestos más ligeros terminará siendo recirculado a la primera etapa del proceso donde actuará como inhibidor de la reacción. Entre los valores de concentración de acetona comercial de alta calidad se ha optado por un diseño para la obtención de acetona al 99,50%, donde por condiciones del proceso el compuesto secundario mayoritario es agua. Por otro lado, la concentración del fenol debe ser alta, pues pequeñas impurezas pueden llevar a una degeneración notable del color del producto, parámetro utilizado comúnmente para la determinación de su calidad. Por ello se buscan concentraciones superiores al 99,99% en peso.

6.4. Diagrama de flujo

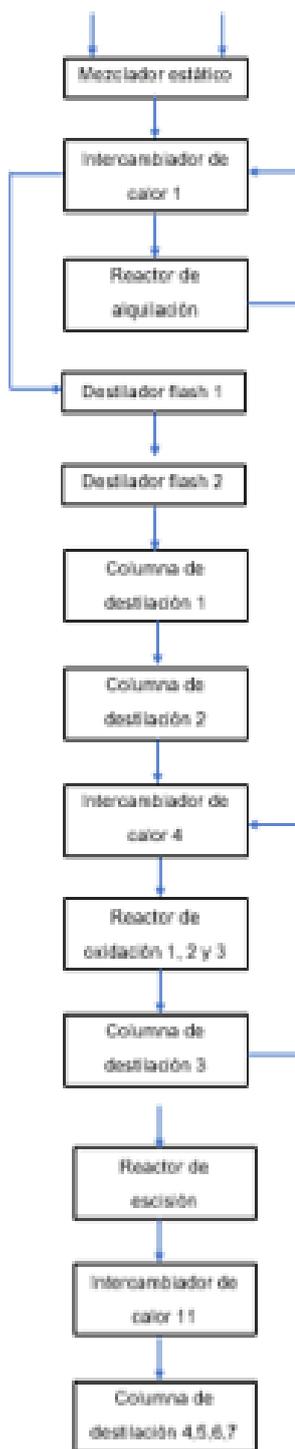


Figura 6.15: Diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7:

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- 7. Balance de masa y energía**
- 8. Diseño y adopción de equipos de proceso**

CAPÍTULO 9:

SERVICIOS AUXILIARES

9. Servicios Auxiliares

9.1. Introducción

En el presente capítulo se tiene como objetivo presentar los servicios auxiliares requeridos por la planta procesadora de fenol y acetona para completar la actividad productiva. Los servicios auxiliares son indispensables para mantener las operaciones de forma óptima y continua en todo el proceso productivo. Es por esto, que en este capítulo se detallan las características y consumos de estos servicios utilizados para las distintas etapas.

Los servicios auxiliares involucrados en el proceso son:

- ❖ agua de refrigeración
- ❖ vapor de agua
- ❖ aire comprimido
- ❖ gas natural

9.2. Agua de enfriamiento

El agua de refrigeración es para la planta productiva un servicio fundamental, ya que en la mayoría de las etapas de enfriamiento se utiliza agua proveniente de la torre de enfriamiento. En el proceso desarrollado se utiliza agua como enfriamiento específicamente en los intercambiadores y condensadores, las corrientes de salida se recuperan y enfrían en la torre de enfriamiento TE-201, la cual se dimensiona con la cantidad de agua necesaria en el proceso.

En la siguiente tabla se expone el caudal de cada equipo y el total requerido.

Tabla 9.1: Consumo de agua de enfriamiento por equipo.

Intercambiador	Corrientes Involucradas	Caudal volumétrico (m ³ /h)
E-102	20 - 21	35,12
E-103	22 - 23	3,08
E-202	60 – 61	11,63
E-203	62 - 63	8,96
E-204	64 - 65	5,59
E-205	66 - 67	9,96
E-206	68 - 69	76,23
E-207	70 - 71	3,96
C-101		26,92
C-102		25,06
C-201		72,11
C-301		0,50
C-302		19,09

C-303		21,45
C-304		11,89
Caudal volumétrico total [m ³ /h]		331,55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.2: Consumo de agua de enfriamiento por sección.

Sección	100	200	300
Caudal volumétrico (m ³ /h)	90,18	188,44	52,93

Fuente: Elaboración propia.

9.2.1. Adopción de la torre de enfriamiento

El objetivo de estos equipos es acondicionar el agua que retorna de los equipos para las etapas de enfriamiento propias al proceso de producción de fenol y acetona. La temperatura del agua debe reducirse hasta 25 °C para poder ser utilizada.

Para controlar las variaciones climáticas que interfieren, según la humedad presente en el aire, en el control de la torre de enfriamiento, es que, a partir del catálogo provisto por SINAX, se adoptan tres módulos, existiendo un control de la temperatura y caudal. Se adopta el modelo EWB 580, donde en la Tabla 9.3 se encuentran las características del mismo.

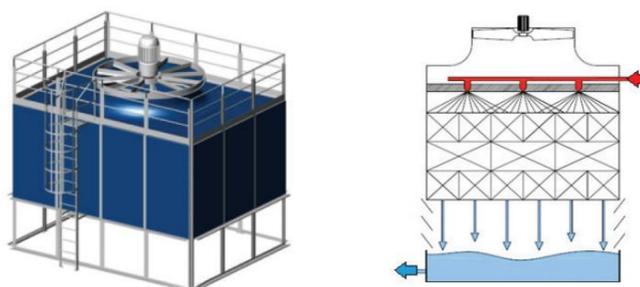


Figura 9.1: Esquema de módulo SINAX para torre de enfriamiento.

Fuente: SINAX

Tabla 9.3: Característica del modelo EWB 580.

Capacidad máxima (m ³)	155,00
Altura (m)	4,47
Ancho (m)	2,48
Largo (m)	2,48
Potencia ventilador (HP)	10
Peso vacío (kg)	1.260
Peso Servicio (kg)	4.350
Cantidad adoptada	3

Fuente: SINAX

9.2.2. Bombas para el transporte de agua

Para completar el ciclo de agua de enfriamiento para la planta productiva, se adoptan las siguientes bombas.

- ❖ Para el abastecimiento de agua para la torre de enfriamiento, se adopta una bomba de pozo sumergible con tablero incluido, con las siguientes características:



Figura 9.2: Bomba sumergible

Fuente: (AGP, 2015)

Tabla 9.4: Característica de la bomba sumergible.

Bomba	P-S101
Modelo	FLS 110-44
Caudal volumétrico entregado [m ³ /h]	6,00
Altura máxima de elevación [m]	129,00
Descarga [in]	1¼
Potencia Motor [CV]	5,50
Amperaje de consumo [V]	10,00

Fuente: (AGP, 2015)

- ❖ Para el transporte de agua desde la torre de enfriamiento a cada equipo correspondiente para las corrientes con temperatura de 25 °C que retornan a 40 °C con una presión de salida de 3 bar, se adoptan 2 bombas de gran caudal a la salida de cada módulo de enfriamiento, dando un total de 6 bombas del tipo centrífugas.

Tabla 9.5: Bomba adoptada para la torre de enfriamiento TE-201

Bomba	P-TE
Caudal volumétrico requerido [m³/h]	110,52
Altura requerida [m]	7,90
Potencia [kW]	2,80

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tipo	centrífugas gran caudal
Eficiencia	0,70
Temperatura [°C]	25
Presión [bar]	3,00
Modelo adoptado	CST 550/4
Altura nominal [m]	10,00
Caudal volumétrico nominal [m³/h]	96,00
Potencia nominal [kW]	4,00
Material de construcción	Acero al carbono
Cantidad adoptada	6

Fuente: (AGP, 2015)

- ❖ La ciudad de Ensenada, y el CIE cuenta con instalación del servicio de agua corriente y potable con distribución por tuberías de 6 pulgadas en el parque industrial para consumo general, baños y laboratorios.
- ❖ El agua empleada en el proceso se obtiene de una perforación subterránea y es almacenada en un tanque con una capacidad suficiente para asegurar el suministro durante una jornada laboral.

Se calcula el consumo del servicio considerando las posibles pérdidas en la torre de enfriamiento, como también en usos generales.

En la Tabla 9.6 se deja registro del consumo estimado según su uso. El agua empleada para cubrir pérdidas en la torre de enfriamiento se considera en un intervalo de 0,05 a 1,00% del agua total que se utiliza en los intercambiadores de calor.

Tabla 9.6: Usos del agua.

Usos	Caudal (m³/día)	Caudal (m³/h)
agua para pérdidas en la torre de enfriamiento	408	17
agua para usos generales por persona	0,25	0,01

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3. Adopción de tanques de almacenamiento de agua

Para la adopción de tanques de almacenamientos se decide dividir el circuito de agua entre el agua para usos generales con su respectiva limpieza y otro para reserva de agua utilizada para cubrir las torres de enfriamiento. Se adoptan tanques verticales marca ROTOPLAS.



Figura 9.3: Tanques ROTOPLAS

Fuente: rotoplas.com.mx

Características:

- ❖ Fabricado con polietileno de alta densidad de grado alimenticio, 100% virgen, de una sola pieza
- ❖ No alteran las características organolépticas
- ❖ No se oxidan ni corroen
- ❖ No requieren mantenimiento
- ❖ Tanques reforzados

9.2.4. Tanque de agua para usos generales

Se adopta un tanque con codificación T-01 basado en el consumo total de agua de red calculado. Se elige tanque vertical marca ROTOPLAS, con una capacidad de 15.000 litros. Está diseñado para asegurar la calidad del agua potable e inhibir el desarrollo de bacterias.

En la tabla se detalla las dimensiones y características:

Tabla 9.7: Dimensiones del tanque T-01.

Capacidad (l)	15.000
Altura (m)	3,90
Diámetro (m)	2,40
Diámetro de placa (m)	0,32
Diámetro de tapa (m)	0,45
Peso (kg)	400

Fuente: ROTOPLAS

Tanque de agua para pérdidas en la torre de enfriamiento

El agua se obtiene de una perforación subterránea realizada en el parque industrial de Ensenada.

Se adopta un tanque con codificación T-02 basado en el consumo total en función del porcentaje calculado. Se elige un tanque de plástico vertical marca ROTOPLAS, con una capacidad de 25.000 litros. Esta adopción permite reducir espacios y costos de instalación. Se envía por medio de una bomba el agua hasta la torre de enfriamiento.

El volumen total correspondiente al 5% del agua que ingresa a la torre de enfriamiento, es igual a 17 m³/h. Se dispone de espacio e instalación suficiente para agregar más tanques en caso de requerir a futuro un mayor caudal de agua.

Tabla 9.8: Dimensiones del tanque T-02.

Capacidad (l)	25.000
Altura (m)	3,90
Diámetro (m)	3,00
Diámetro de placa (m)	0,20
Diámetro de tapa (m)	0,45
Peso (kg)	500

Fuente: ROTOPLAS

9.3. Aire

El servicio de aire requerido en la producción de fenol y acetona a partir de propileno al 95% es para la conversión de cumeno a hidroperóxido de cumeno en la sección 200. El aire es utilizado en los reactores de alquilación, suministrado en forma de aire filtrado proveniente del exterior a 25°C y 1 atmósfera. Para el sistema de transporte de aire se selecciona un compresor de acuerdo a la relación de compresión requerida. En el capítulo 8, Diseño y adopción de equipos de proceso, se adopta un compresor de tornillo estacionario/eléctrico TS 32S-500 con una capacidad de 70.20 m³/h de la empresa SULLAIR.



Figura 9.4: Compresor de aire.

Fuente: (SULLAIR ARGENTINA, 2023)

9.4. Vapor

Se requiere generar una capacidad de 8 toneladas hora de vapor de media presión a 8 bar, que serán destinados a consumo de proceso. A continuación, se detalla en la Tabla 9.14 y 9.15, los consumos de vapor por equipo y por secciones, respectivamente.

Tabla 9.9: Consumo de vapor por equipo.

Intercambiador	Corrientes Involucradas	Caudal másico (kg/h)
I-R-101	17	955,80
I-R-102	19	743,04
E-201	58 - 59	1.371,07
I-R-201	51	2.279,31
E-301	84 -82	513,08
I-R-301	75	1.153,62
I-R-302	79	44,19
I-R-303	77	136,88
I-R-304	80	331,00
Caudal másico total requerido (t/h)		7,53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.10: Consumo total de vapor por sección.

Sección	100	200	300
Caudal másico (kg/h)	1.698,84	3.650,38	2.178,77

Fuente: Elaboración propia.

Para satisfacer la demanda requerida de 7,52 t/h, se adoptan dos calderas marca FONTANET modelo HC – HF humotubular de tres pasos, fondo húmedo, con una construcción del tipo paquete. Cada una de ellas posee una capacidad de producción de vapor desde 8,10 t/h hasta 9,00 t/h con una capacidad térmica desde 518 BHP hasta 582 BHP. Se decide adoptar dos calderas, existiendo una de reserva.

Es importante recordar que se dispone de agua obtenida de un pozo subterráneo como recurso principal, la cual es tratada con un sistema filtros para disminuir la concentración de carbonato de calcio presente antes de ingresar a la caldera y así conservar el estado de la misma, evitando sedimentos de sólidos en su interior. De esta forma se asegura la conservación de la caldera y se evitan problemas técnicos.



Figura 9.5: Caldera humotubular FONTANET

Fuente: calderasfontanet.com/

A continuación, se indican sus dimensiones correspondientes:

Tabla 9.11: Características de la caldera marca FONTANET

Capacidad máxima (t/h)	9,00
Altura (m)	3.40
Diámetro chimenea (m)	0,75
Largo (m)	7,15
Ancho (m)	3,75
Capacidad térmica (BHP)	518 - 582

Fuente: calderasfontanet.com/

CAPÍTULO 10:

GESTIÓN DE CALIDAD

10. Gestión de calidad

10.1. Introducción

La calidad es un factor estratégico básico en todos los sectores de actividad de las empresas actuales, y simultáneamente tiene una relación directa con costes operativos, beneficios y productividad. Asegura el cuidado y la mejora continua en la calidad ofrecida, en un mercado cada vez más competitivo, donde los clientes demandan un tipo específico de producto, que cumpla siempre con los regímenes establecidos. En la gestión de la calidad se debe considerar la planificación de la calidad, control de la calidad y la mejora de la calidad. Tres principios básicos:

- ❖ en cualquier empresa la estrategia de la calidad producirá una disminución de sus costes operativos.
- ❖ en cualquier empresa la estrategia de la calidad producirá un aumento del beneficio.
- ❖ no es estrategia correcta de calidad la que no se traduce en disminución de costes y en incremento de beneficio.

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).

Los beneficios potenciales para una organización de implementar la ISO 9001 bajo un sistema de gestión de calidad:

- ❖ capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.
- ❖ facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente.
- ❖ abordar riesgos y oportunidades asociados con su contexto y objetivos.
- ❖ capacidad para demostrar la conformidad con los requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados.

En el presente capítulo se establecen los controles necesarios que se realizan al proceso productivo, desde las materias primas hasta el producto terminado. Se describirán métodos analíticos y especificaciones técnicas necesarias en cada una de las etapas, con registro de planillas de control que se utilizan para el asentamiento de los resultados de laboratorio.

10.2. Control de materias primas

Las materias primas utilizadas en el proceso de producción de fenol y acetona llegan a la planta en camiones cisterna. En la recepción se controla el remito y hoja de calidad correspondiente a la partida, para luego darle ingreso en el registro de materias primas tal como lo establece el sistema de gestión de calidad, para realizar los análisis de control en el laboratorio para establecer si se acepta o rechaza la partida.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Las materias primas se examinan en el laboratorio general con el fin de verificar su identidad y determinar si cumplen con ciertas normativas establecidas. Cabe destacar que el control se realiza solamente para corroborar el cumplimiento de los valores informados por los proveedores. Como ya se mencionó en capítulos anteriores, para la fabricación de fenol y acetona las materias primas son: benceno y propano-propileno.

Registro de análisis

Finalizada la determinación de los análisis planteados como control de calidad, el analista de laboratorio es encargado de completar los registros que en la Tabla 10.1, según corresponda. Las muestras que ingresan al laboratorio para ser controladas deben contar con:

- ❖ Hoja de seguridad o ficha de seguridad.
- ❖ Certificado de proveedor.
- ❖ Remito e información administrativa pertinente a la entrega del insumo

Especificaciones de calidad requeridas

En la siguiente tabla se especifican los diferentes parámetros que se le controlan al benceno y a la mezcla propano-propileno que ingresan a la planta; se especifican el número de análisis, especificaciones, métodos utilizados, frecuencia de control, técnico responsable y registro.

Tabla 10.1: Control de materias primas.

Control de materia prima: benceno					N° de análisis
Parámetro	Especificaciones	Método analítico	Frecuencia	Responsable	Registro
Pureza	99,8	MT-LAB-01	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01
Densidad	0,882 – 0,886	MT-LAB-02	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01
Acidez	Neutro	MT-LAB-03	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01
Aspecto	Líquido claro, libre de sedimentos	MT-LAB-04	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.2: Control de materias primas.

Control de materia prima: propano-propileno					N° de análisis
Parámetro	Especificaciones	Método analítico	Frecuencia	Responsable	Registro

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Densidad	1,60	MT-LAB-02	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02
Cont. Etano	Máximo 1	MT-LAB-05	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02
Cont. Propileno	Mínimo 55	MT-LAB-05	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02
Cont. Butanos-Butenos	Máximo 4	MT-LAB-05	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-02
Azufre	Máximo 40	MT-LAB-05	Por camión	Analista de laboratorio	RG-LAB-03

Fuente: Elaboración propia

10.3. Control de proceso

La implementación de un plan de calidad en todo el proceso productivo es necesaria para poder controlar cualquier desviación del proceso que lo deje fuera de las especificaciones. De esta forma, se verifica por medio de determinaciones analíticas, que el proceso se estandarice y se encuentre dentro de los parámetros y exigencias establecidas por el mercado para ser un producto competitivo.

La implementación de un adecuado sistema de control de proceso se traduce en una mejora de operación; logrando un aumento de efectividad e incremento de producción, calidad de los productos, ahorros energéticos, seguridad operativa y optimización del proceso como beneficios principales.

Se establecen puntos de control dentro del proceso junto con las especificaciones que se deben cumplir, si se encuentra un desvío de la calidad durante el proceso se debe informar al jefe de producción para que determine la acción correctiva.

Plan de control de proceso

La determinación de los análisis es por cromatografía, densímetro, pHmetro.

- ❖ Temperatura: se emplea un sensor basado en la variación de la resistencia eléctrica que experimenta un material semiconductor cuando es sometido a un cambio de temperatura.
- ❖ Caudal gaseoso: se mide mediante el uso de rotámetros, sensores para medir caudales. Con los gases, la flotabilidad es despreciable y el flotador responde solo a la altura equivalente de velocidad.
- ❖ Caudal líquido: se utiliza un caudalímetro electromagnético. El paso de un líquido conductor eléctrico a través de un campo magnético perpendicular al sentido de

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

circulación del líquido induce una tensión eléctrica, que es proporcional a la velocidad del líquido.

Los controles del proceso, llevados a cabo por el operario del sector a cargo, se realizan con una frecuencia de dos veces por turno, quien deberá registrar los valores observados en una planilla de campo (ver Tabla 10.3 y continuación de la misma), con el fin de comparar y monitorear el proceso productivo. El mismo se encuentra automatizado y cuenta con pantallas SCADA, pero se considera fundamental el control del operario para evitar posibles marcaciones fuera de rango por algún inconveniente.

Tabla 10.3: Planilla de control de campo.

PLAN DE CONTROL DE PROCESO EN LA PRODUCCION DE FENOL Y ACETONA						
Equipo	Parámetro	Punto de control	Valor	Frecuencia	AC / AP	Registro
E-101	Presión	Corriente 4	$25 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-E101
	Caudal	Corriente 5	5950,61 kg/h	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$25 \pm 0,5$ bar			
	Presión	Corriente 6	$25 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión	Corriente 7	$15 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Temperatura		$204,65 \pm 1$ °C			
E-102	Presión	Corriente 9	$2,60 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-E102
	Caudal		4464,42 kg/h			
	Presión	Corriente 11	$2,6 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Caudal		4464,42 kg/h			
	Temperatura		$74,85 \pm 1$ °C			
E-103	Presión	Corriente 10	$2,60 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-E103
	Caudal		1486,22 kg/h			
	Temperatura		$157,15 \pm 1$ °C			

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Presión	Corriente 14	$2,60 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Caudal		1486,22 kg/h			
	Temperatura		95 ± 1 °C			
R-101	Presión	Corriente 5	$25 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del instrumento de medición y el equipo involucrado.	R-001-R101
	Temperatura		$120,75 \pm 1$ °C			
	Presión	Corriente 6	$25 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Temperatura		268 ± 1 °C			
C-101	Temperatura	Corriente 16	$31,93 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-C101
	Presión		1 bar	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Caudal		2541,68 kg/h	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Temperatura	Corriente 17	$150,48 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$1 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		3272,16 kg/h	Cada 4 horas		
C-102	Temperatura	Corriente 18	$143,42 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-C102
	Presión		$0,80 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		3262,07 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 19	$159,10 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$0,80 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		10,10 kg/h	Cada 4 horas		

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

F-101	Temperatura	Corriente 8	$122,65 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-F101
	Presión		$15 \pm 0,05 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		5949,86 kg/h	Cada 4 horas		
F-102	Temperatura	Corriente 12	$78,24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-001-F102
	Presión		$1,60 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		135,26 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 13	$72,80 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$1,60 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		4327,18 kg/h	Cada 4 horas		
F-201	Temperatura	Corriente 40	$28 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-F201
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		4075,61 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 41	$28 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		879,42 kg/h	Cada 4 horas		
F-202	Temperatura	Corriente 28	$100 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-F202
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		2881,62 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 29	$100 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		17710,02 kg/h	Cada 4 horas		
F-203	Temperatura	Corriente 32	$85 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-F203
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Caudal		1098,87 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 33	85 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		17755,72 kg/h	Cada 4 horas		
F-204	Temperatura	Corriente 36	75 ± 1 °C	Cada 4 horas		Verificar condiciones operativas del equipo
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		974,53 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 37	75 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		17852,43 kg/h	Cada 4 horas		
F-205	Temperatura	Corriente 48	65 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-F205
	Presión		$0,04 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		8006,68 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 49	65 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$0,04 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		9845,75 kg/h	Cada 4 horas		
E-201	Temperatura	Corriente 24	$33,30 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-E202
	Presión		$1 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		17914,60 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 25	115 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		17914,60 kg/h	Cada 4 horas		
E-202	Temperatura	Corriente 26	115 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones	R-002-E202

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas	operativas del equipo	
	Caudal		20591,64 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 27	100 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		20591,64 kg/h	Cada 4 horas		
E-203	Temperatura	Corriente 30	100 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-E203
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		18854,59 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 31	85 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		18854,59 kg/h	Cada 4 horas		
E-204	Temperatura	Corriente 34	85 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-E204
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		18826,96 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 35	75 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		18826,96 kg/h	Cada 4 horas		
E-205	Temperatura	Corriente 38	$92,60 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-E205
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		4955,02 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 39	28 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		4955,02 kg/h	Cada 4 horas		

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

E-206	Temperatura	Corriente 53	$62,90 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-E206
	Presión		$0,04 \pm 0,01 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		13359,17 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 54	$28 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$0,04 \pm 0,01 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		13359,17 kg/h	Cada 4 horas		
E-207	Temperatura	Corriente 51	$92,80 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-E207
	Presión		$0,05 \pm 0,01 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		4493,26 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 52	$54 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$1 \pm 0,05 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		4493,26 kg/h	Cada 4 horas		
C-201	Temperatura	Corriente 50	$59,70 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-C201
	Presión		$0,04 \pm 0,01 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		5352,49 kg/h	Cada 4 horas		
R-201	Temperatura	Corriente 44	$174,90 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-R201
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		2675,45 kg/h	Cada 4 horas		
R-202	Temperatura	Corriente 45	$174,90 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-R202
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		
	Caudal		1144,57 kg/h	Cada 4 horas		
R-203	Temperatura	Corriente 46	$174,90 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-R202
	Presión		$3 \pm 0,5 \text{ bar}$	Cada 4 horas		

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Caudal		1071,24 kg/h	Cada 4 horas		
V-201	Temperatura	Corriente 55	28 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-V201
	Presión		$0,04 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		17,54 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 56	28 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$0,04 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		13341,63 kg/h	Cada 4 horas		
K-201	Temperatura	Corriente 42	25 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-002-K201
	Presión		$1 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		4891,26 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 43	$174,90 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$3 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		4891,26 kg/h	Cada 4 horas		
E-301	Temperatura	Corriente 72	115 ± 1 °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-003-E301
	Presión		$1 \pm 0,5$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		4493,26 kg/h	Cada 4 horas		
C-301	Temperatura	Corriente 74	$48,10 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-003-C301
	Presión		$0,15 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		2004,33 kg/h	Cada 4 horas		
	Temperatura	Corriente 75	$125,30 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	
	Presión		$0,16 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas		
	Caudal		2488,94 kg/h	Cada 4 horas		
C-302	Temperatura	Corriente 78	$55,80 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones	R-003-C303

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Presión		$1 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas	operativas del equipo		
	Caudal		1537,25 kg/h	Cada 4 horas			
	Temperatura		Corriente 79	$152,60 \pm 1$ °C			Cada 4 horas
	Presión			$1,01 \pm 0,05$ bar			Cada 4 horas
	Caudal			467,07 kg/h			Cada 4 horas
C-303	Temperatura	Corriente 76	$123,60 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-003-C303	
	Presión		$0,15 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas			
	Caudal		2475,12 kg/h	Cada 4 horas			
	Temperatura	Corriente 77	$170,80 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo		
	Presión		$0,16 \pm 0,05$ bar	Cada 4 horas			
	Caudal		13,28 kg/h	Cada 4 horas			
C-304	Temperatura	Corriente 80	$79,40 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo	R-003-C304	
	Presión		$0,06 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas			
	Caudal		35,60 kg/h	Cada 4 horas			
	Temperatura	Corriente 81	$64,50 \pm 1$ °C	Cada 4 horas	Verificar condiciones operativas del equipo		
	Presión		$0,05 \pm 0,01$ bar	Cada 4 horas			
	Caudal		431,47 kg/h	Cada 4 horas			

Fuente: Elaboración propia

10.4. Sistema de control del producto terminado

Es indispensable aplicar un plan de control de calidad al producto terminado, con el fin de proveer conforme a los estándares de calidad a nivel comercial. Con el fin de alcanzar un índice de calidad uniforme, se fijan criterios de calidad en función de la ficha técnica del producto obtenido.

El sistema de control sobre el producto terminado permite cuantificar si un lote de producción se encuentra apto para salir al mercado.

En la siguiente tabla se especifican las características y límites sobre los productos.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 10.4: Control de productos.

Producto	Parámetro	Valor Ideal	Registro	Técnica	Frecuencia	Acción Correctiva
Acetona	Pureza		RG-PRD-02	TA-LAB-001	Por Turno	Verificar condiciones operativas del equipo
	Densidad 20°C [g/cm ³]	0,7908	RG-PRD-02	TA-LAB-002	Por Turno	Verificar condiciones operativas del equipo
	Apariencia	Líquido incoloro	RG-PRD-02	TA-LAB-000	Por Turno	
Fenol	Pureza		RG-PRD-01	TA-LAB-001	Por Turno	Verificar condiciones operativas del equipo
	Densidad 20°C [g/cm ³]	1,0576	RG-PRD-01	TA-LAB-002	Por Turno	Verificar condiciones operativas del equipo
	Apariencia	Sólido cristalino a temperatura ambiente. Líquido incoloro	RG-PRD-01	TA-LAB-000	Por Turno	
AMS	Pureza		RG-PRD-03	TA-LAB-001	Por Turno	Verificar condiciones operativas del equipo

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Densidad 20°C [g/cm ³]	0,91	RG-PRD-03	TA-LAB-002	Por Turno	Verificar condiciones operativas del equipo
	Apariencia	Líquido incoloro	RG-PRD-03	TA-LAB-000	Por Turno	

Fuente: Elaboración propia

10.5. Procedimiento de control de producto no conforme (ISO 9001)

Un producto no conforme es todo aquel que no cumple con algún requisito determinado por el sistema de gestión de calidad. Los jefes de laboratorio de calidad deben asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos se identifique y controle para prevenir su uso o entrega no intencional. Los controles, responsabilidades y autoridades relacionadas con el tratamiento deben estar definidas en un procedimiento documentado.

Ante una no conformidad, el personal del área a cargo del laboratorio debe seguir las pautas (ISO9001, 2023):

- ❖ determinar que muestras de productos son clasificados como no conformes. Se deberá estudiar los períodos de producción y lotes involucrados.
- ❖ Identificar las muestras de productos no conformes para asegurar que se distingan de las demás.
- ❖ Documentar la existencia de las no conformidades, especificando en qué lotes de productos se ha producido la irregularidad.
- ❖ Ejercer control físico de los almacenamientos y demás procesos de los productos no conformes de acuerdo con la decisión de disposición.
- ❖ Notificar a otras áreas funcionales afectadas o involucradas por la no conformidad.

10.6. Registros

Se detallan los registros que se llevan a cabo para materias primas, control de procesos y productos finales.

10.6.1. Registros para materias primas

Tabla 10.5: Registros de materias primas, benceno.

Código RG-LAB-01				
Fecha				
Materia Prima	BENCENO			
Proveedor	YPF			
Variable	Valor Ideal	Valor	Lote	Responsable

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Pureza	99,8			
Densidad	0,882 – 0,886			
Acidez	Neutro			
Aspecto	Líquido claro, libre de sedimentos			
Pureza (%)	99,8			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.6: Registros de materias primas, propano-propileno.

Código RG-LAB-02				
Fecha				
Materia Prima	MEZCLA PROPANO – PROPILENO			
Proveedor	YPF			
Variable	Valor Ideal	Valor	Lote	Responsable
Densidad	1,6			
Cont. Etano	Máximo 1			
Cont. Propileno	Mínimo 55			
Cont. Butanos- Butenos	Máximo 4			
Azufre	Máximo 40			

Fuente: Elaboración propia

10.6.2. Registros de control de procesos

Existe un registro específico para cada equipo con sus respectivas variables. A modo de ejemplificación se toma el equipo R-201.

Tabla 10.7: Registros de control de procesos.

Código R-002-R202				
Fecha				
Equipo	REACTOR TANQUE AGITADO			
Sección	200			
Variable	Valor Ideal	Valor	Lote	Responsable
Caudal	1144,57 kg/h			
Presión	3 bar			
Temperatura	174,90 °C			

Fuente: Elaboración propia

10.6.3. Registros para productos

Tabla 10.8: Registros de productos, fenol

Código RG-PRD-01

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Fecha				
Producto	FENOL			
Variable	Valor Ideal	Valor	Lote	Responsable
Pureza				
Densidad 20°C [g/cm ³]	1,0576			
Apariencia	Sólido cristalino a temperatura ambiente. Líquido incoloro			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.9: Registros de productos, acetona

Código RG-PRD-02				
Fecha				
Producto	ACETONA			
Variable	Valor Ideal	Valor	Lote	Responsable
Pureza				
Densidad 20°C [g/cm ³]	0,7908			
Apariencia	Líquido incoloro			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.10: Registros de productos, AMS.

Código RG-PRD-03				
Fecha				
Producto	AMS			
Variable	Valor Ideal	Valor	Lote	Responsable
Pureza				
Densidad 20°C [g/cm ³]	0,91			
Apariencia	Líquido incoloro			

Fuente: Elaboración propia

10.7. Instrumentos

10.7.1. Determinación de grado de pureza de un compuesto por cromatografía gaseosa, TA-LAB-001

La cromatografía de gases es una técnica que consiste en detectar diversos compuestos gaseosos y líquidos vaporizados contenidos en una muestra, utilizando gases portadores (helio, argón, hidrógeno).

La cromatografía se basa en el principio simple de la separación de diferentes tipos de moléculas en el capilar de la columna y medir su cantidad en un detector. Se utiliza con muchas ventajas para el análisis de los componentes de muestras gaseosas y vaporizadas que son volátiles a temperaturas moderadas y pueden inyectarse en una columna cromatográfica con la ayuda de gases inertes. Los componentes se separan según su afinidad por la fase móvil y la fase estacionaria.

Existen varias técnicas según el tipo de fase y diferentes tipos de detectores acoplados. Aplicación de la cromatografía por sectores: petroquímico, químico, medio ambiente, laboratorios de análisis (Airliquide, 2023).

La muestra se volatiliza en el inyector y luego se introduce en la columna capilar dentro del horno. La columna contiene recubrimientos en la pared que cumple la función de la fase estacionaria. La muestra volatilizada es arrastrada por un gas llamado “carrier” (fase gaseosa) que generalmente es helio o nitrógeno. La separación se logra debido a la interacción diferenciada de los componentes de la muestra con las fases presentes: la fase estacionaria y la fase gaseosa. Los compuestos que presentan mayor interacción con la fase estacionaria recorrerán más lentamente la columna saliendo de ella a mayor tiempo de elución. Por el contrario, los componentes con menor afinidad por la columna, como también el gas carrier, saldrán primero de la columna y tendrán, por lo tanto, los menores tiempos de retención (intervalo de tiempo en que el analito se encuentra en la columna)

Las muestras deben estar adecuadamente etiquetadas, envasadas y acondicionadas para asegurar su identificación, integridad y conservación. Las muestras se proporcionarán debidamente precintadas y rotuladas y en muestras gaseosas, adecuadamente envasadas en bolsas TELKDAR. La cantidad mínima para realizar el ensayo será de 100 µl en muestras líquidas y de al menos 100 ml en muestras gaseosas.

10.7.2. Determinación de la densidad TA-LAB-002

Una variación en la materia prima, indicada por un cambio en la densidad, podría tener un resultado perjudicial para el funcionamiento o la calidad del producto final. La medición de la densidad de materias primas puede usarse para confirmar la pureza del material. Si se ha adulterado una sustancia con una alternativa más barata, la densidad medida del material compuesto será diferente de la de la sustancia pura (Tecinstrumental, 2023).

Diseñados para simplificar las operaciones, los densímetros EasyPlus de METTLER TOLEDO, de tamaño compacto, son perfectos para un amplio abanico de industrias, ya se use en el laboratorio o en el entorno de la línea de producción. Con una exactitud de hasta cuatro posiciones decimales y un rápido control automático de la temperatura, estos instrumentos cumplen con los estándares de su industria.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

La muestra se toma por medio de una manguera succionadora, activada por una bomba. Se debe evitar la succión de aire en el muestreo para no formar burbujas obteniéndose como resultado una lectura errónea. El equipo debe estar calibrado antes del análisis y luego de cada medición se debe limpiar correctamente.

CAPÍTULO 11:

TRATAMIENTO DE EFLUENTES

11. Tratamiento de efluentes

11.1. Introducción

Los efluentes industriales son aquellos que provienen de las diferentes actividades del proceso de producción o servicios auxiliares, como líquidos/gases residuales, aguas de proceso, purgas de torres de enfriamiento y aguas de caldera. Estos deben ser tratados adecuadamente de manera tal que no produzcan ningún tipo de contaminación al medio ambiente y en consecuencia, a los seres vivos.

El tratamiento consiste en una serie de procesos físicos, químicos y/o biológicos que tiene como fin eliminar los contaminantes presentes en el efluente. El objetivo de este es producir un efluente tratado o reutilizable y un residuo sólido conveniente para su disposición o reúso. Dada la toxicidad para el ecosistema que muchos de los efluentes portan, se hace necesario previo al vertido, principalmente en cursos de agua, el tratado de éstos. Entre los parámetros que se utilizan para determinar la posibilidad de desechar un efluente se encuentran: concentración de oxígeno disuelto (OD, mg/l), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), pH, color, turbidez, dureza (mg/l), sólidos disueltos totales (STD, mg/l), sólidos en suspensión (SS, mg/l), concentración de productos tóxicos (mg/l), olor y temperatura. Los límites dependen de las normativas a las que se ajuste cada sector; a nivel nacional, por ejemplo, se contempla la presencia de metales tales como cromo, mercurio y plomo, entre otros compuestos.

Este capítulo tiene como objetivo la descripción de los efluentes producidos a lo largo del proceso de producción de fenol y acetona, reconociéndolos y tratando de caracterizarlos por los parámetros antes descritos. Adicionalmente, se detallan los métodos actuales para el tratamiento de este tipo de efluentes y los mecanismos que se utilizan para que estos alcancen los requisitos necesarios para poder ser vertidos con seguridad.

11.2. Tipos de tratamientos de efluentes

El grado de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente y se asocian a la eficiencia en la remoción de los contaminantes indeseados. De acuerdo a esto, existen tres niveles de tratamiento de los fluidos vertidos: tratamiento primario, secundario y terciario.

En algunos casos, cabe señalar, se incluye un pretratamiento en el que se remueven los elementos de mayor tamaño, tales como papeles, pelos y plásticos, entre otros. Para ello se utilizan tamices o rejillas.

En la Tabla 11.1 se mencionan los diversos tratamientos característicos para cada nivel de depuración.

Tabla 11.1: Tratamientos según el nivel de depuración.

Tratamiento primario: utilizado para la eliminación de sólidos en suspensión y materiales flotantes.	Cribado Sedimentación Flotación Separación de aceites Homogenización Neutralización
Tratamiento secundario: tratamientos biológicos convencionales.	Lodos activos Aireación prolongada Estabilización por contacto Lagunaje con aireación Estabilización por lagunaje Filtros biológicos (percoladores) Discos biológicos Tratamientos anaeróbicos
Tratamiento terciario: usados en la eliminación de contaminantes que no se remueven con los tratamientos biológicos convencionales. Llevados a cabo cuando se requiere reutilizar el agua (se elimina hasta el 99% de los sólidos).	Microtamizado Filtración Precipitación y coagulación Adsorción (carbón activado) Intercambio iónico Ósmosis inversa Electrodiálisis Cloración y ozonización Procesos de reducción de nutrientes

Fuente: Elaboración propia

Las distintas operaciones también pueden clasificarse a nivel general en físicas, químicas y biológicas.

11.2.1. Tratamientos físicos

En los tratamientos físicos intervienen fenómenos de esta índole, aunque debe reconocerse que muchos de ellos se utilizan como pretratamiento. En este tipo se encuadran:

- ❖ Adsorción (carbón activado).
- ❖ Desorción (stripping).
- ❖ Evaporación.
- ❖ Extracción líquido-líquido.
- ❖ Filtración.

- ❖ Flotación natural o provocada por aire.
- ❖ Homogenización y equalización de caudales.
- ❖ Intercepción de aceites y grasas.
- ❖ Remoción de sólidos mediante enrejado.
- ❖ Sedimentación.
- ❖ Tratamiento con membranas.

11.2.2. Tratamientos químicos

En este tipo de operaciones, la eliminación de contaminantes presentes se efectúa mediante la adición de determinados agentes químicos con propiedades específicas que interactúan con determinados compuestos presentes en los efluentes. Entran en esta clasificación:

- ❖ Coagulación-floculación: en la coagulación se desestabilizan determinadas partículas coloides, principalmente a través de la neutralización de su carga eléctrica y utilizando ciertos coagulantes. La floculación es la agrupación de estas partículas descargadas, las cuales se ponen en contacto entre sí para formar flóculos capaces de ser retenidos en etapas posteriores.
- ❖ Intercambio iónico: se emplean resinas que interactúan con los caudales removiendo determinados iones.
- ❖ Neutralización: el agregado de ácidos o bases fuertes proporcionará un equilibrio en la concentración de hidronios u oxidrilos, según sea el caso.
- ❖ Oxidación-reducción: algunos oxidantes como peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato de potasio o reductores como el sulfito de sodio se añaden para producir la deposición de diversos sólidos.
- ❖ Precipitación química: se realiza la mayor parte de las veces añadiendo hidróxido de sodio, sulfatos o sulfuros. Al incorporar estas sustancias a las aguas residuales conteniendo metales, se forman hidróxidos o sulfuros de los metales, según sea el caso, los cuales tienen una solubilidad limitada en el agua. Utilizando esta técnica se remueven la mayoría de los metales y algunas especies aniónicas, como sulfatos y fluoruros.
- ❖ Reducción electrolítica: este tratamiento incluye reacciones de oxidación-reducción sobre la superficie de electrodos que provocan la deposición de los contaminantes.

11.2.3. Tratamientos biológicos

Este tipo de tratamiento es realizado por microorganismos que digieren la materia orgánica presente en los efluentes. Generalmente se utilizan bacterias, que consumen las sustancias presentes en los líquidos residuales como nutrientes, generando masa celular y excretando otros compuestos más livianos, como gases.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

En el procesamiento, los microorganismos forman flóculos por agregación que deben ser separados posteriormente como lodos mediante sedimentación o decantación, de otra forma recontaminan las aguas.

Generalmente este tipo de tratamiento se lleva a cabo en lagunas, las cuales pueden ser aeróbicas o anaeróbicas. Para la construcción de estos sistemas se utilizan terraplenes de tierra, asegurándose la adecuada impermeabilización del fondo y laterales. Entre los principales tipos de lagunas se encuentran:

- ❖ Lagunas anaeróbicas: como su nombre lo indica, se produce la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Suelen tener profundidades de entre 4 y 6 m y ubicarse en zonas rurales debido a los olores fuertes que produce. Los tiempos de retención son, sin embargo, cortos (3 a 5 días).
- ❖ Lagunas aeróbicas: el oxígeno se obtiene a partir de las algas, que son las encargadas de mantener las condiciones aerobias. La profundidad suele ser menor que las anaeróbicas (0,3 a 0,5 m), lo que aumenta la superficie a cubrir. Tienen bajos costos de operación y mantenimiento, pero su eficiencia suele ser variable al estar condicionada por los factores tales como la radiación solar, agitación del viento y temperatura ambiente.
- ❖ Lagunas aireadas: si el espacio es limitado, se recurre a la agitación mecánica para asegurar las condiciones aeróbicas. Esto supone un aumento en los gastos operativos aun contemplando el ahorro de espacio. Tienen un rendimiento en la depuración de entre el 50 y 60%, lo que se debe principalmente a la presencia de sólidos en suspensión. Suelen estar acompañadas de lagunas facultativas para aumentar la eficiencia global.
- ❖ Lagunas facultativas: en las capas inferiores yacen microorganismos anaerobios (facultativos), mientras que en las superiores convergen los aerobios. Las algas en las capas superiores producen oxígeno por fotosíntesis, durante las horas de luz solar. Este oxígeno lo utilizan las bacterias para la degradación de la materia orgánica. A su vez, los productos de estas últimas (CO_2 , NH_3 , PO_4^{-3}) son empleados por las algas. Tienen un buen rendimiento (70–80%), por lo que pueden ser el único tipo de tratamiento biológico empleado. Sin embargo, la altura útil disminuye constantemente con la deposición de lodos (partiendo de una profundidad de 1,5 a 1,8m), por lo que es necesaria la construcción de otra laguna para dejar secar cuando la altura impida el procesamiento. Suelen tener tiempos de retención de entre 10 y 12 días.

Otros tipos de tratamiento biológico que utilizan intensivamente el espacio y merecen ser señalados son:

- ❖ Lodos activos: se incorporan microorganismos en forma de flóculos a un depósito agitado y aireado mecánicamente. Luego de un tiempo suficiente, el líquido tratado se

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

envía a un clarificador donde sedimentan los fangos bacterianos. Tienen alta eficiencia (90–95%) pero naturalmente suponen altos costos de operación y mantenimiento, como así también de inversión.

- ❖ Filtros bacterianos: en este caso los microorganismos están fijados en un soporte por el que fluyen las aguas a depurar. Se debe asegurar la incorporación constante de oxígeno dado que es un método aerobio.
- ❖ Biodiscos: intermedio entre lodos y filtros. Grandes discos en una mezcla de agua residual con microorganismos, que facilitan la fijación y degradación de éstos.

11.3. Normativa sobre el vertido de efluentes

La normativa sobre tratamiento de efluentes se extiende generalmente a nivel nacional y provincial (en algunos casos también municipales). En la Tabla 11.2 se fijan los límites establecidos para el vertido de aguas de acuerdo a la Ley Nacional 26.221.

Tabla 11.2: Límites establecidos para el vertido de aguas a nivel nacional.

Parámetro	Desagües a cuencas	Descarga a cuerpo receptor		
		Sin tratamiento	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario
pH	5,50 – 10,00	6,50 – 8,00	6,50 – 8,00	6,50 – 8,00
Sustancias solubles en éter (mg/l)	100,00	100,00	100,00	100,00
Sulfuros (mg/l)	1,00	-	-	1,00
Temperatura (°C)	45	45	45	45
DBO sobre muestra bruta (mg/l)	200,00	300,00	180,00	30,00
DQO	-	-	-	125,00
Oxígeno consumido en KMgO4 sobre muestra bruta (mg/l)	80,00	120,00	70,00	-
MES (mg/l)	-	-	-	35,00
Cianuros totales (mg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Cianuros destructibles por cloración (mg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10
Hidrocarburos totales (mg/l)	50,00	100,00	100,00	50,00
Cromo III (mg/l)	2,00	2,00	2,00	2,00
Cromo VI (mg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20
SRAO detergentes (mg/l)	5,00	5,00	5,00	3,00
Cadmio (mg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10
Plomo (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,50
Mercurio (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01
Arsénico (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,50
Sustancias fenólicas (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,01
Plaguicidas y herbicidas	-	Igual límite que para captación	Igual límite que para captación	Igual límite que para captación

Fuente: Ley Nacional 26.221.

Es necesario resaltar que el departamento de calidad de la empresa debe llevar a cabo estos análisis antes de la descarga del efluente a la red cloacal, para asegurar, de esta manera, que se cumpla con la normativa vigente.

11.4. Caracterización de los efluentes de la planta

A continuación, se presentan todas las corrientes de efluentes generadas en la planta de producción, especificando en cada una de ellas: caudal, composición y temperatura, que son las principales variables a tener en cuenta al momento de definir el tipo de tratamiento que deberá realizarse.

Tabla 11.3: Corrientes que corresponden a efluentes por tratar.

Corriente	Descripción	Composición	Caudal [kg/h]	Temperatura [°C]
12	Fuel gas	Benceno 50,08%	136,80	78
		Propano 44,66%		
		Cumeno 5,25%		
40	Off gas	Cumeno 1,05%	4.075,61	28
		Oxígeno 7,09%		
		Nitrógeno 91,86%		

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

		Trazas de HPC y Acetona		
55	Off gas	Cumeno 48,06%	17,54	28
		Oxígeno 5,75%		
		Nitrógeno 46,06%		
		Trazas de HPC y Acetona		
77	Alquitrán de fenol	PDC 17,28%	13,28	170,8
		Fenol 9,30%		
		di-MS 2,13%		
		P-Cumilfenol 71,29%		

Fuente: Elaboración propia.

11.4.1. Efluentes gaseosos

Las principales emisiones atmosféricas se generan mediante la combustión y el procesamiento de las materias primas. Las emisiones a tener en cuenta son las siguientes:

- ❖ Efluentes que provienen del venteo de los tanques de almacenamiento. Los tanques de almacenaje disponen de un sistema de venteo en el cual se formará un efluente gaseoso con el compuesto que esté almacenando.
- ❖ Emisiones procedentes de la combustión en la antorcha y caldera. Al utilizarse únicamente gas natural como combustible, salvo una proporción marginal de una corriente de fuel/off gas (corriente 12, 40 y 55), las emisiones de materia particulada y SO₂ son mínimas. El CO₂ dióxido de carbono es el principal gas de los denominados gases de efecto invernadero. Sus emisiones directas se producen en las instalaciones de combustión y en los procesos. En el proceso no se registran emisiones de otros gases de efecto invernadero, como son los hidrofluorocarburos (HFC), carburos perfluorados (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).
- ❖ Efluentes accidentales en el proceso. Efluentes gaseosos generados de forma accidental debido a, por ejemplo, una fuga.
- ❖ Efluente procedente del sistema de ventilación de la planta. Por seguridad en la planta, habrá un sistema de ventilación que permitirá renovar el aire con cierta frecuencia. Ese aire aspirado puede contener una muy ligera cantidad de compuestos orgánicos volátiles (COV's).
- ❖ Gases aspirados por las campanas del laboratorio.

11.4.2. Efluentes líquidos

- ❖ Efluentes líquidos de la puesta en marcha. Agua diluida con los diferentes compuestos orgánicos del proceso.

- ❖ Aguas de limpieza de los tanques de almacenamiento, reactores, de intercambiadores de calor, tanque flash, las columnas de destilación, tuberías, válvulas, etc. Contendrán agua con fluido de proceso.
- ❖ Aguas de servicios. Agua requerida para los servicios de la planta, que forman parte de un circuito cerrado, pero que cuando se pare la planta, se aprovechará para renovar. Habrá que prestar especial atención al agua referida a la torre de enfriamiento, pues hay que controlar que no proliferen las legionelas.
- ❖ Lubricantes de la maquinaria. Aceites que procedan de los motores, válvulas, bombas, válvulas, etc. Y de mantenimiento.
- ❖ Aguas pluviales. Aguas que se generan cuando llueve.
- ❖ Efluentes intrínsecos del proceso. Efluentes líquidos que se produzcan en el proceso y no se sepa qué hacer con él.
- ❖ Efluentes residuales accidentales del proceso. Efluentes derivados de alguna causa accidental tal como una fuga.
- ❖ Aguas sanitarias. Agua que usa el personal de la planta para uso doméstico (baños, duchas)
- ❖ Sustancias líquidas del laboratorio. Diferentes disoluciones acuosas, ácidas o básicas que serán utilizadas en los dos laboratorios y posteriormente desechadas.

11.4.3. Residuos sólidos

Podemos clasificar dos grandes grupos:

- ❖ Residuos asimilables a urbanos que se generan dentro del emplazamiento de la planta (en oficinas, vestuarios, comedores, etc.):
 - a. Vidrio.
 - b. Papel y cartón.
 - c. Envases.
 - d. Materia orgánica (residuos de comida, poda de jardines).
 - e. Pilas.
 - f. Tóneres y material de oficina.
 - g. Aparatos (por ejemplo, ordenadores) que ya no sirvan.
- ❖ Residuos industriales:
 1. Zeolita (catalizador). La zeolita tiene una vida útil de diez años, y para su desecho será tratada como residuo sólido industrial.
 2. Carbón activo. De la misma manera que la zeolita, pasado cierto tiempo el carbón activo perderá propiedades. Así que también será renovado anualmente y el carbón activo desechado deberá ser tratado.

3. Residuos sólidos de los laboratorios. Diferentes residuos sólidos generados en los laboratorios de la planta.
4. Filtros. Filtros de equipos de la planta que deberán ser cambiados durante la parada de mantenimiento de la planta por unos nuevos. Los filtros viejos deberán de tener una disposición final.
5. Piezas de maquinarias rotas o desgastadas. Piezas que debido a su uso se ha desgastado o roto y ha sido cambiada por una nueva. Estas piezas, que serán chatarra, deberán de tener, también, una disposición final.

11.5. Selección del método de tratamiento de efluentes

11.5.1. Tratamiento de residuos gaseosos

- ❖ Efluentes intrínsecos en el proceso. El efluente procedente de la parte superior de las columnas flash (F-102; F-201; V-201). Será dirigido hacia una antorcha de seguridad de llama oculta. A la antorcha llegará una corriente de gas natural para asegurar que nunca se apague, también recibirá dicho corriente procedente del equipo y, para asegurar que la reacción de combustión se dé de forma completa, también entrará una corriente procedente de la extracción de aire de la planta (ventilación de la planta) que, en caso de haber alguna fuga, además de aire contendrá los hidrocarburos del proceso.
- ❖ Efluentes accidentales en el proceso. El sistema de ventilación de la planta permite absorber cualquier gas que se haya podido fugar de forma accidental en cualquier equipo de la planta. Ese gas que pueda haber será dirigido hacia la antorcha y se quemará. Protegiendo así la seguridad de los trabajadores de la planta.
- ❖ Efluentes provenientes del venteo. En los tanques de almacenamiento se produce venteo, el efluente gaseoso procedente del venteo pasará por carbón activo, para así no emitir ningún gas tóxico a la atmosfera.
- ❖ Efluente procedente del sistema de ventilación de la planta. La ventilación de la planta tiene dos funciones: primero aspirar el aire de la planta permitiendo que se ventile y además proporcionando una corriente de aire a la antorcha (fuente de oxígeno para la combustión), y segundo aspirar cualquier gas que pueda ocasionarse debido a una fuga (que también será quemado en la antorcha) protegiendo así la vida de los trabajadores.
- ❖ Gases aspirados por las campanas de los laboratorios. Las campanas extractoras tendrán unos filtros para no emitir partículas al exterior. Los gases que se emiten producidos en el laboratorio, tienen tan poca carga de productos contaminantes, que podrán enviarse a la atmosfera.

- ❖ Emisiones gaseosas de la antorcha. La antorcha dispondrá de una corriente continua de oxígeno que asegure la total combustión de los gases. También tendrá unos filtros para asegurar que no se emitan partículas a la atmosfera. Asegurando así, la emisión de solamente CO₂ y agua.
- ❖ Emisiones gaseosas de la caldera. De la misma manera que la antorcha, la caldera estará provista de lo necesario para que solamente emita a la atmósfera CO₂ y agua.

Antorcha

La empresa a la que se le comprará la antorcha para el quemado de gases es “EMISON”, que produce antorchas para el quemado de gases combustibles con un exclusivo quemador cerámico que permite asegurar el quemado de pequeñas e irregulares cantidades de gas sin riesgos de retorno de llama, que podría provocar un incendio en el interior del depósito y el re encendido cuando se produzca un apagado en la llama. El quemador permite la combustión incluso con vientos de hasta 100 km/h.

El catalizador específico que incorpora permite garantizar una llama limpia, fácilmente visible, y con un mínimo de inquemados.



Figura 11.1: Antorcha de llama cerrada.

Fuente: Emison.

Para el quemado de gas de síntesis es una antorcha específica, teniendo en cuenta que en el arranque y parada de la planta la calidad del gas varía desde cero elementos combustibles, en el inicio de la puesta en marcha o al final del apagado hasta el gas con la composición específica al inicio del apagado o al final de la puesta en marcha, o en caso de emergencias. Para ello las antorchas llevan quemadores piloto alimentados con GLP en número y potencia adecuados al caudal y características del gas a tratar.

El control del funcionamiento de la antorcha está garantizado por un micro procesador programable, que se adapta a las necesidades de la máquina, con pantalla para que el usuario pueda tener la información clara, precisa y también acceso a la configuración de los parámetros de la regulación. Permite además la comunicación con un equipo exterior y/o el control remoto de la antorcha.

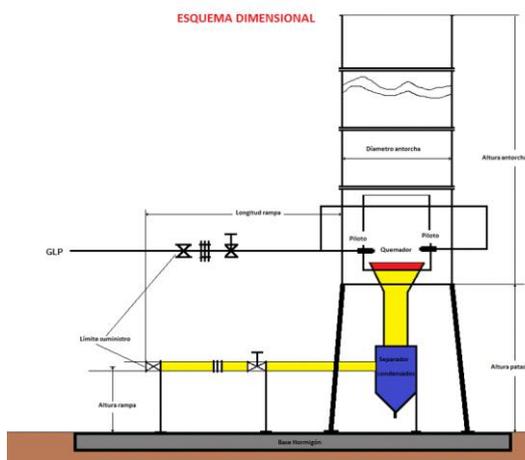


Figura 11.2: Esquema estructural de antorcha de llama cerrada.

Fuente: Emison.

Se optará por elegir el modelo AS100 de la marca EMISON que permite procesar un caudal máximo de 100 m³/h de gas, teniendo una altura de 3 m y un diámetro de 0,75 m, entregando una potencia máxima de 3.500 kW.

Filtro de carbón activado

La empresa Condorchem Envitech ofrece y suministra distintos tipos de filtros de carbón activado de alto rendimiento. El carbón activado es un producto carbonáceo muy seguro con una estructura porosa y una gran área superficial en el interior. La estructura química del carbón activado se puede definir como una forma basta de grafito, una estructura amorfa aleatoria, altamente porosa, con poros de muy diversos tamaños, desde cavidades y agujeros visibles a otros de dimensiones moleculares. El tratamiento con carbón activado se basa principalmente en el fenómeno conocido como adsorción, por el cual las moléculas de un líquido o gas se adhieren a la superficie externa o interna de una sustancia sólida. El carbón activado tiene una gran superficie interior, lo que lo convierte en un material muy adecuado para la adsorción.

Dentro del catálogo que ofrece Condorchem Envitech se optó por elegir el modelo que permite procesar de 65 a 650 m³/h.



Figura 11.3: Filtros de carbón activado.

Fuente: Condorchem Envitech.

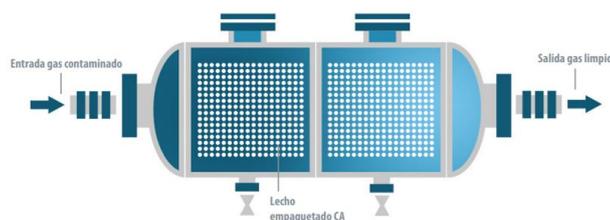


Figura 11.4: Esquema ilustrativo de filtro de carbón activado y su funcionamiento.

Fuente: Conдорchem Envitech, 2023.

11.5.2. Tratamiento de residuos líquidos

Las aguas residuales generadas directamente por el proceso de producción y las aguas de lluvia caídas en las zonas ocupadas por la planta son recogidas y conducidas a una planta depuradora para ser tratadas.

Como paso previo a su drenaje, las aguas residuales son sometidas a un tratamiento de separación para extraer todos aquellos compuestos que pueden ser reprocesados, con objeto de minimizar su carga contaminante y aumentar el rendimiento de la depuración.

- ❖ Efluentes líquidos de la puesta en marcha y aguas de limpieza. Estos líquidos serán depositados en el separador de hidrocarburos.
- ❖ Lubricantes de la maquinaria. Se depositarán en un pequeño depósito, cuando éste esté lleno al 75% de su capacidad la empresa gestora contratada se lo llevará para tratarlo.
- ❖ Aguas de servicios. Esta agua tiene una composición parecida a las aguas urbanas, así que podrá ser dirigida hacia la red y que posteriormente será tratada en una estación depuradora de aguas residuales urbana (EDAR).
- ❖ Aguas pluviales. En principio, estas aguas tendrán una carga de contaminación muy baja (si la tiene), por eso también se arrojarán a la red para después ser tratada en una EDAR.
- ❖ Efluentes residuales accidentales del proceso. Serán recogidos y procesados en el separador de hidrocarburos.
- ❖ Aguas sanitarias. Aguas que serán tratadas como si fueran domésticas. Se dirigirán al sistema de alcantarillado para que luego se traten en una EDAR.
- ❖ Sustancias líquidas del laboratorio. Serán almacenadas en un bidón y con cierta regularidad, serán recogidas por un gestor externo.

Separador de hidrocarburos

Los separadores de hidrocarburos son utilizados para la separación de aceites y grasas de naturaleza mineral e hidrocarburos del agua, por fenómenos de diferencia de densidad y coalescencia, no separando aceites e hidrocarburos emulsionados. Con sistema de regulación y alivio de caudal en exceso (dispositivo de derivación), ideal para instalar en

grandes superficies: el agua en exceso que se recoge dentro del separador es separada y conducida directamente al exterior, de tal forma que el separador sólo tratará el caudal para el que está diseñado nominalmente. La marca SALHER ofrece un equipo de clase I que permite un efluente con una salida inferior a 5 ppm de hidrocarburos. Se optará por el modelo CHC-SH-L-2-O-BP. Fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, contando con tres cámaras de: separación, decantación de sólidos y acumulación; con una capacidad de caudal de 900 m³/h y un volumen total de 70 m³. Cuenta con decantador de arenas y sólidos incorporado, sistema regulador de caudal y baipás con rebosadero de agua en exceso, alarma de detección de aceites e hidrocarburos, alarma de nivel máximo de aceites, alarma de nivel máximo en caso de obturación, y skimmer mecánico para extracción de aceites separados.

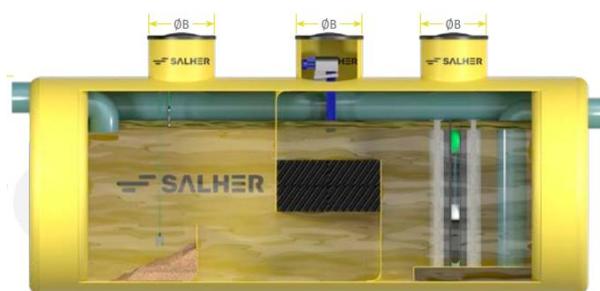


Figura 11.5: Separador de hidrocarburos.

Fuente: SALHER.

11.5.3. Tratamiento de residuos sólidos

- ❖ Los residuos asimilables a urbanos que se generan dentro del emplazamiento de la planta (en oficinas, vestuarios, comedores) tendrán destino en distintos contenedores según lo que sean tendrán un color distinto como se ve en la figura 11.6, que luego se enviarán a la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos para su reciclaje. En tanto a los residuos industriales: los sólidos que ya no sean útiles tanto por rotura, desgaste o cumplimiento de la vida útil, se procederá a almacenarlos para que posteriormente un gestor externo los recoja para tratarlos.



Figura 11.6: Clasificación de residuos por color según su tipo.

Fuente: www.ecologiaverde.com

CAPÍTULO 12:

OBRAS CIVILES

12. Obras civiles

12.1. Introducción

En el presente capítulo se realiza la distribución física de todas las áreas que conforman las instalaciones de la planta y se describen los detalles constructivos de las mismas. Una buena distribución facilita el flujo de materiales y personal, aumenta la eficiencia en la utilización de mano de obra y equipos, reduce los accidentes laborales y beneficia tanto la limpieza como el mantenimiento de los equipos e instalaciones. Por lo tanto, la distribución física tiene muchas consecuencias prácticas y estratégicas para un adecuado funcionamiento del proceso productivo.

12.2. Descripción general del establecimiento

Como se detalló en el capítulo 4, denominado “Localización de la planta”, ésta se encuentra ubicada en el Parque Industrial de Ensenada, provincia de Buenos Aires, el cual cuenta con un predio de 65 hectáreas. Dentro del mismo, se optó por elegir la parcela N°2, de 20.073,03 m². El ingreso a la misma se da bajando por la Autopista Dr. Ricardo Balbín (Au. Buenos Aires – La Plata, Ruta Nacional 1), y dirigiéndose luego por la Ruta Provincial 13 (Camino Rivadavia) hasta llegar a la planta.

Como primera medida para el predio, se alza un cerco perimetral con premoldeados de hormigón armado y alambrado olímpico (romboidal) con terminación de tres líneas de alambres de púa.

Para el correcto desplazamiento dentro del predio, se traza una red de calles internas pavimentadas y señalizadas, por las que circularán los vehículos de transporte. Para el desplazamiento del personal a pie existen sendas para tal fin, que también se encuentran pavimentadas y señalizadas adecuadamente.

Cabe señalar que además de la luminaria del predio, de las calles internas y de las distintas construcciones, el paisaje del predio se ve afectado por estructuras metálicas que sostienen las tuberías de transporte de materia prima y producto terminado, como así también servicios auxiliares, las cuales deberán tener una altura suficiente para permitir la circulación interna de camiones y otros vehículos de tamaño semejante.

El establecimiento cuenta con los siguientes servicios:

- ❖ Red eléctrica de media y baja tensión.
- ❖ Red de agua corriente.
- ❖ Red de cloacas.
- ❖ Red de gas natural.
- ❖ Red de fibra óptica.

Parte de las instalaciones de la planta se encuentran cubiertas bajo techo y otras a la intemperie. En la tabla siguiente se detallan claramente, sector por sector, indicando sus respectivas dimensiones.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 12.1: Ubicación de cada sector y área requerida por cada uno.

Sector	Ubicación	Superficie (m²)
Portería	Bajo techo	18
Estacionamiento	Intemperie	270
Baños y vestuarios producción	Bajo techo	42
Baños de administración	Bajo techo	29
Comedor	Bajo techo	23
Sala de control	Bajo techo	18
Oficinas	Bajo techo	250
Laboratorio	Bajo techo	23
Taller de mantenimiento	Bajo techo	76,6
Sección 100	Intemperie	576
Sección 200	Intemperie	595
Sección 300	Intemperie	595
Playa de tanques	Intemperie	2.380
Sala de calderas	Bajo techo	98,60
Plataforma de torres de enfriamiento	Intemperie	15

Fuente: Elaboración propia.

12.3. Distribución física de la planta

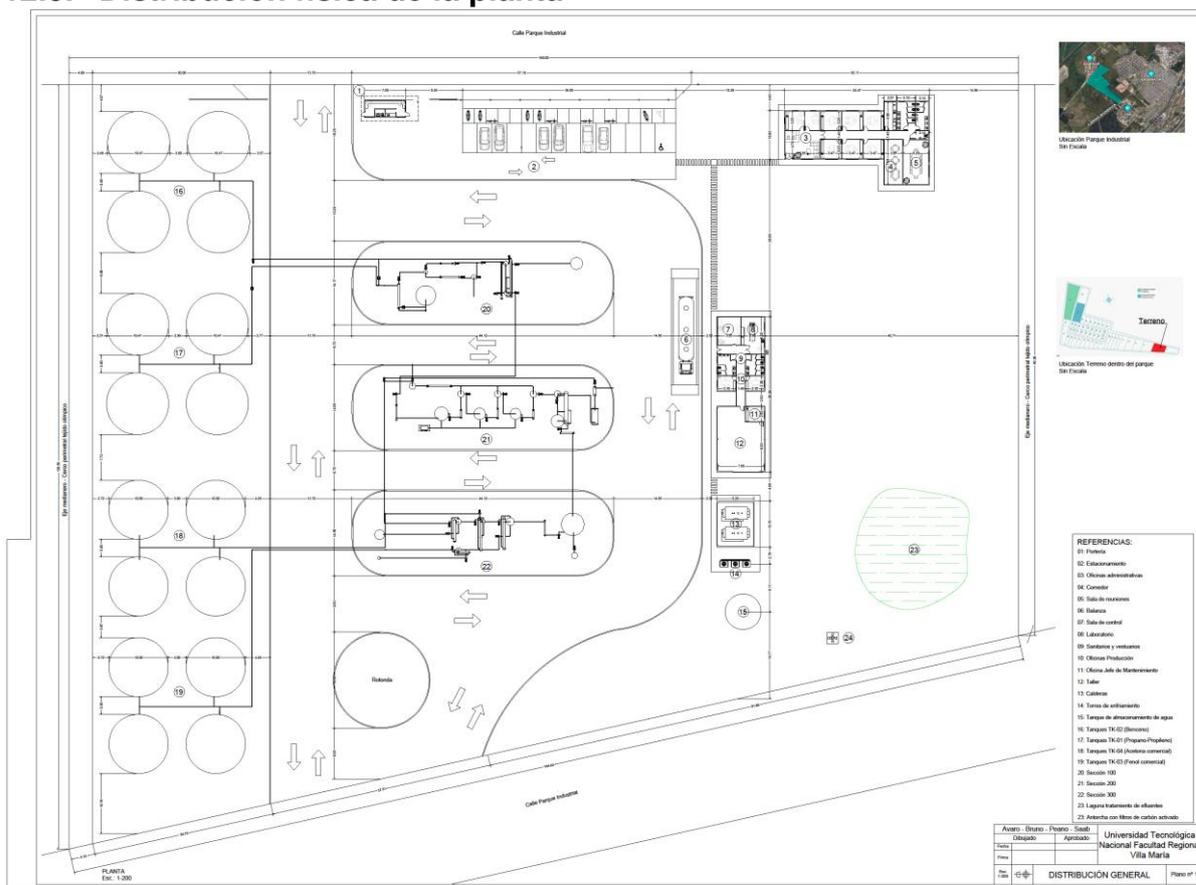


Figura 12.1: Distribución general de la planta.

Fuente: Elaboración propia.

12.3.1. Portería

De paso obligatorio para el ingreso a la planta, cuenta con una barrera al paso donde el personal de seguridad y portería se encarga de controlar el tránsito de personal interno y externo de la empresa.

Este edificio presenta un área de 18 m², con una altura de 2,60 m, construida con ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm, con terminaciones a ambos lados de revoque grueso, fino y pintura látex. En cuanto al techo, el mismo es de hormigón con pintura impermeabilizante. El piso será de microcemento alisado.

En su interior cuenta con un baño y el mobiliario está conformado por un escritorio, sillas, armario archivo, teléfono, dispenser de agua, acondicionador de aire frío-calor y una computadora para llevar los registros necesarios.

12.3.2. Estacionamiento

Se accede al mismo girando a la izquierda ni bien se cruza la portería. Se encuentra lindante a las oficinas administrativas facilitando el ingreso y la salida de los vehículos por la entrada principal a la planta. Ocupa una superficie de 270 m².

Se presenta una sección para bicicletas y motocicletas y otra para automóviles.

La playa se construye de pavimento rígido y hormigón, realizado con cemento. El techo que cubre los vehículos está compuesto de una estructura de hierro unido a chapas, además se encuentra señalizado y con iluminación adecuada.

12.3.3. Baños y vestuarios

Hay dos sectores de baños. Uno ubicado en el sector de la sala de control y laboratorio, que ocupa una superficie de 42 m², mientras que el otro se encuentra en el sector de administración, ocupando una superficie de 29 m². Hay baños independientes para damas y caballeros, que se encuentran separados uno de otro por una pared. Los baños cuentan con inodoros, y el de caballeros además con mingitorios, lavamanos (agua fría y agua caliente), dispositivos de jabón líquido, toallas de papel descartables y cesto para arrojar los papeles. Las paredes del sector son de ladrillo block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm y 2,60 m de alto, revestidas exteriormente con revoque grueso y fino y pintadas con pintura látex, en su interior se encuentran recubiertas con azulejos hasta los 2 m de altura y luego pintadas con látex. Los pisos son de hormigón revestidos con cerámicos y los techos son de hormigón armado, revocado interiormente y pintado exteriormente con pintura impermeabilizante. Las aberturas presentes son de aluminio.

En la parte destinada a los vestuarios, el edificio dispone de duchas y también cuenta con casilleros propios de cada colaborador para guardar sus objetos personales.

12.3.4. Comedor

Dicho espacio cuenta con una superficie de 23 m², para dicho sector. Las paredes están construidas de ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm con una altura de 2,60 m, con terminaciones en ambos lados con revoque grueso, fino y pintura látex. Vale aclarar que, en la parte de la mesada, las paredes cuentan con recubrimiento de cerámicos hasta los 2 m de altura para cumplimentar exigencias sanitarias. El techo, por su parte, es de hormigón con viguetas, revocado internamente y pintado exteriormente con pintura impermeabilizante. Está equipado con mesas, sillas, heladera, microondas, dispenser de agua, mobiliario que incluye bajo mesada y los utensilios necesarios.

12.3.5. Sala de control y oficinas de producción y calidad

En este sector se ubica la central de monitoreo de los procesos presente en la planta y las oficinas del personal jerárquico de producción y calidad. La sala de control en sí, ocupa una superficie de 18 m², mientras que las oficinas de producción y calidad ocupan una superficie de 7,75 m². Las paredes del exterior son de ladrillo block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm por 2,60 m de alto, con terminaciones a ambos lados con revoque fino y grueso y pintadas con

látex. Los techos son de hormigón armado revocado interiormente y el piso es de hormigón revestido con cerámicos. Las aberturas presentes son de aluminio. Están equipadas con todo el mobiliario necesario como escritorios, mesas, sillas, computadoras, dispenser de agua, aire frío-calor.

12.3.6. Oficinas administrativas

En este sector, se encuentran las oficinas del personal administrativo. Además, cuenta con una recepción, sala de reuniones, una pequeña cocina y el comedor general de la planta. El total del edificio ocupa una superficie de 250 m².

Todas las oficinas disponen de escritorio, sillas, armario, PC, impresora, teléfono y todo lo necesario para llevar a cabo las actividades administrativas.

La edificación de las oficinas posee paredes de 2,60 m de altura construidas con ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm, revestidas a ambos lados con revoque grueso, fino y pintadas con látex. El techo, es de loza, revocado interiormente y pintado exteriormente con pintura impermeabilizante. El piso es de hormigón revestido con cerámicos. Las aberturas presentes son de aluminio.

12.3.7. Laboratorio

Espacio destinado a la realización de pruebas estándares de calidad, tanto de materia prima como producto terminado. Cuenta con una superficie de 23 m². Las paredes son de 2,60 m de altura, construidas con ladrillos block de hormigón, revestidas a ambos lados con revoque grueso, fino y pintadas con látex. La zona de trabajo se encuentra recubierta con azulejos blancos hasta una altura de 2 m. En cuanto al techo, el mismo es de hormigón armado revocado interiormente y pintado exteriormente con pintura impermeabilizante. Los pisos se recubren con mosaicos debido a su alta resistencia, impermeabilidad y durabilidad.

Cuenta con todos los equipos, instrumentos, utensilios y espacios necesarios para realizar todos los análisis correspondientes. Posee extractores, todos los elementos de seguridad necesarios, conexión de gas natural y de agua corriente para el lavado de instrumentos.

12.3.8. Taller de mantenimiento

Para el taller de mantenimiento se provee un espacio de 76.6 m², el cual se considera suficiente para ubicar las distintas herramientas, equipos y una correcta circulación del personal. En su interior cuenta con una pequeña oficina, de 7.90 m², para tareas administrativas correspondientes y un baño para los empleados del sector. El mobiliario está constituido por mesas, mesadas, estanterías y todas las herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas de mantenimiento. Está construido con paredes externas de bloques de

hormigón con un tinglado a 5 m de altura y piso de microcemento alisado, cuenta con paredes internas de Durlock de 10 cm para realizar las divisiones.

12.3.9. Playa de tanques

La playa de tanques se ubica sobre el lateral del lote, a la derecha de la portería. Ocupa una superficie de 2380 m² y está compuesta por una plataforma de cemento alisado donde se ubican los tanques de materias primas y productos en sus respectivos soportes. Al frente de la misma se cuenta con una calle pavimentada y espacio suficiente para que circulen los camiones que deben descargar hacia o cargar desde los tanques.

12.3.10. Sala de calderas

Esta sala está ubicada frente a las secciones 200 y 300. Está construida con ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm, revestidas a ambos lados con revoque grueso, fino y pintadas con látex. El techo, es de loza, revocado interiormente y pintado exteriormente con pintura impermeabilizante. El piso es de microcemento alisado. Las aberturas presentes son de aluminio. La instalación eléctrica se encuentra embutida y cuenta con conexión a gas natural.

12.3.11. Plataforma de torres de enfriamiento

La plataforma de las torres de enfriamiento está construida de cemento alisado y se ubica frente a las secciones 200 y 300, cerca de la sala de caldera, pero con el suficiente espacio para proporcionar una buena circulación de aire y un correcto funcionamiento de las torres.

CAPÍTULO 13:

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

13. Instalaciones eléctricas

13.1. Introducción

El Complejo Industrial Ensenada cuenta con una estación transformadora de voltaje y líneas de suministro de media y baja tensión, además de una red interna de distribución e instalaciones de iluminación en las calles externas. Dicho servicio es provisto por la empresa Edelap (Empresa Distribuidora La Plata Sociedad Anónima), la cual impulsa el desarrollo de la región capital de la Provincia de Buenos Aires, abarcando a seis partidos bonaerenses: La Plata, Berisso, Ensenada, Brandsen, Magdalena y Punta Indio. Cuenta con un servicio que llega a más de 1 millón de personas, en un área de concesión de 5.700 km². Provee energía a seis parques industriales, una zona franca, cinco cooperativas eléctricas y a la mayor área de producción frutihortícola del país. Opera un sistema complejo y de alta tecnología con 1.200 MVA de potencia instalada en Alta Tensión y una doble vinculación al Sistema Argentino de Interconexión (SADI). En el presente capítulo, se describirá de manera general las características de las instalaciones eléctricas y el requerimiento total de energía eléctrica de la empresa, el cual se determina considerando el consumo correspondiente a cada uno de los equipos que se encuentran involucrados en el proceso productivo y de los artefactos utilizados para la iluminación necesaria por área. Para el sistema de iluminación e instalaciones de la planta se utiliza corriente alterna monofásica de 220 V, mientras que en los circuitos de fuerza motriz la corriente utilizada es alterna trifásica de 380 V.

13.2. Descripción de elementos en una instalación eléctrica

Toda instalación eléctrica debe apegarse a la normativa dictada por sus respectivos órganos reguladores, cuyo objetivo es definir normas que garanticen la integridad de las personas y la preservación del medio ambiente, evitando o minimizando los riesgos de origen eléctrico. Un posible fallo en un sistema industrial que funciona con energía eléctrica suele traducirse en grandes pérdidas económicas, por lo que es imperativo realizar mantenimientos preventivos de manera periódica, llevado a cabo por personas calificadas.

Las instalaciones eléctricas industriales, debido a su envergadura y a los numerosos componentes que las conforman, necesitan tener garantías de seguridad y características técnicas específicas. Deben contar con los sistemas adecuados para hacer frente a los efectos que puedan surgir debido a corrientes de cortocircuito y de sobrecarga, y las averías que éstas puedan provocar. Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica son necesarios una serie de elementos que se detallan a continuación:

- ❖ Conductores eléctricos: realizan la conducción de la energía eléctrica desde donde se produce hasta donde se va a utilizar. Los metales habitualmente usados para la fabricación de cables son de cobre, aluminio o aleaciones de este último. Poseen un alambre central de material conductor, cuya sección está determinada por la corriente a conducir y limitada por el calentamiento y la caída de tensión que provoca. Externamente poseen una cubierta de aislante térmica y eléctrica, de un material plástico, principalmente de policloruro de vinilo (PVC). Este tipo de material tiene la desventaja de endurecerse y volverse frágil a bajas temperaturas y ablandarse a altas, pero tiene la ventaja de retomar sus propiedades físicas a temperaturas normales.
- ❖ Bandejas porta cables: son conductos con o sin tapa removible, que se emplean para contener a los conductores, de manera que estos queden protegidos contra deterioro mecánico, contaminación y a su vez protejan a la instalación contra incendios. En la planta se utilizan canalizaciones del tipo escalera y ducto ya que las estructuras son metálicas y algunas de hormigón prefabricado.
- ❖ Tableros eléctricos: en términos generales, un tablero eléctrico es un gabinete en el que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución; todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente. Pueden tener diversos tamaños y formas según el tipo de función que les toque desempeñar. Un tablero eléctrico está compuesto por el gabinete que es la parte exterior que se encarga de proteger a todos los componentes de un circuito de control, y los componentes que van dentro de él, que pueden ser: los aparatos de maniobra (llaves, interruptores), los aparatos de protección (fusibles e interruptores automáticos) y los aparatos de medición (medidores de energía eléctrica, amperímetros, voltímetros, transformadores de intensidad). Se destacan como principales constituyentes de los tableros eléctricos el medidor de consumo, que no puede ser alterado, y el interruptor, que es un dispositivo que corta la corriente eléctrica una vez que se supera el consumo contratado.

Para fabricar los tableros eléctricos se debe cumplir con una serie de normas que permitan su funcionamiento de forma adecuada cuando ya se le ha suministrado la energía eléctrica. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad tanto de las instalaciones en las que haya presencia de tableros eléctricos como de los operarios. Los tableros deben ser montados en lugares de fácil acceso, secos, con cierto grado de ventilación, bien iluminados y que permitan la realización de tareas de mantenimiento y reparación en forma segura y cómoda.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

Los tableros tienen la facultad distribuir corrientes a todos los sectores de la industria, y se clasifican desde el punto de vista de su operación en:

- a) *Tablero principal de distribución:* es el que opera toda la instalación. Recibe la energía eléctrica directamente desde la línea principal de alimentación, y cuenta con un interruptor maestro o principal capaz de cortar todo suministro de energía.
 - b) *Tablero seccional:* es una derivación del tablero principal que se encarga de controlar pequeñas partes del sistema, opera circuitos. Se colocan en los sitios necesarios para poder accionar los comandos para la parada, arranque y manejo de los diferentes equipos en los que sea necesario.
 - c) *Tablero subseccional:* opera solo una parte del circuito.
- ❖ *Tomacorrientes:* son dispositivos eléctricos que sirven como punto de conexión para alimentar equipos eléctricos, tales como electrodomésticos, equipos portátiles e industriales. Los tomacorrientes no consumen ninguna energía, este solo enlaza la fuente de alimentación a los equipos que se vayan a alimentar de una fuente de energía eléctrica. Generalmente se sitúa en la pared, de forma superficial o empotrado en la misma, o también se los suele encontrar adaptados dentro de los tableros eléctricos, esto se da en el caso de ser sistemas trifásicos.
 - ❖ *Transformador:* se utiliza para soportar los esfuerzos de cortocircuito externo, sobretensiones de impulso y maniobra, y para lograr una disipación óptima del calor. Está instalado en la subestación eléctrica y desde ahí se distribuye la electricidad hacia toda la planta.
 - ❖ *Generador de emergencia:* es un dispositivo que puede crear energía eléctrica y suministrarla a algún sitio o instalación donde la compañía suministradora no sea capaz de hacerlo, ya sea por falta de infraestructura o daños en la misma que provoquen cortes de energía; logrando el funcionamiento sin parada imprevista en los equipos indispensables del proceso productivo de la planta, como así en la administración y en laboratorio.
 - ❖ *Dispositivos de protección:* debido a la presencia de maquinaria, motores y a la cantidad de cables de corriente en las instalaciones industriales, las medidas de seguridad deben ser estrictas a la hora de aplicar la normativa vigente. En cuanto a los motores y maquinaria, cada uno de ellos deberá guardar las distancias de seguridad mínima para evitar que se produzcan accidentes al entrar en funcionamiento. Además, los materiales inflamables deberán situarse lejos. Los cables conductores utilizados deberán respetar los estándares de calibre o sección, capacidad de carga, recubierta aislante y las especificidades de su lugar de acción.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

En los circuitos eléctricos pueden ocasionarse fallas que provoquen daños letales a las personas. Por lo tanto, el circuito debe estar conectado a tierra, así si ocurriera que el circuito se abriera por algún motivo, esto permitiría que la corriente sea derivada al suelo protegiendo a las personas que estén en contacto con las instalaciones. En una instalación industrial deben tener conexión a tierra: las carcasas de los equipos eléctricos, los accionamientos de los aparatos eléctricos, los armazones de estructura y las partes metálicas de los cables.

- ❖ Pararrayos: es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando el aire para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas, equipos o construcciones.
- ❖ Iluminación: cuando se hace referencia a la iluminación se debe considerar tanto la iluminación natural como la iluminación artificial. A la hora de diseñar un área de trabajo siempre se deben considerar ambas. La luz natural causa menor fatiga visual que la iluminación artificial. Por eso, en la actualidad se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de la luz natural. Las principales ventajas de la iluminación natural son las siguientes: produce menor cansancio a la vista; permite apreciar los colores tal y como son; es la más económica; psicológicamente un contacto con el exterior a través de una ventana, por ejemplo, produce un aumento del bienestar.

No obstante, su principal inconveniente es la gran variabilidad que se produce al cabo del tiempo. La iluminación artificial se debe usar cuando no se puede emplear la luz natural o, como ocurre en la mayoría de los casos, para complementar la luz natural. La calidad de la luz artificial será mejor cuanto más próximo esté el espectro de esa luz al que produce el sol.

Una adecuada iluminación presenta ventajas como: proteger la capacidad visual, evitar la fatiga ocular, disminuir los accidentes y errores, facilitar la limpieza y el mantenimiento de las distintas zonas. Si las lámparas no emiten suficiente flujo luminoso, si hay zonas donde no se dispone de luminarias, si la luz no es la adecuada para la tarea del trabajador, sólo uno de estos aspectos será suficiente para que la luz no sea adecuada y se deba rectificar.

- ❖ Iluminación de emergencia: suministra iluminación a vías de evacuación, escaleras y en los casos de interrupción de servicio normal. Debe tomar energía de una conexión independiente y distinta a la del servicio principal y ser capaz de mantener la intensidad de 5 luxes por lo menos durante una hora.

13.3. Consumo de energía eléctrica de los equipos de proceso

En la siguiente tabla se detallan los consumos de potencia de cada equipo por día y por año, considerando las horas de funcionamiento en un ciclo de producción de 335 días.

Tabla 13.1: Consumo de energía eléctrica de los equipos de proceso.

Equipo		Potencia nominal [kW]	Consumo eléctrico [kW*h]	
			Consumo diario	Consumo anual
Bombas	P-101	0,74	17,76	5949,6
	P-102	7,5	180	60300
	P-103	5,5	132	44220
	P-104	5,5	132	44220
	P-105	1,65	39,6	13266
	P-106	0,55	13,2	4422
	P-107	0,74	17,76	5949,6
	P-108	0,74	17,76	5949,6
	P-109	0,55	13,2	4422
	P-110	2,2	52,8	17688
	P-111	0,74	17,76	5949,6
	P-112	0,74	17,76	5949,6
	P-113	0,74	17,76	5949,6
	P-114	0,37	8,88	2974,8
	P-201	4	96	32160
	P-202	4	96	32160
	P-203	4	96	32160
	P-204	4	96	32160
	P-205	4	96	32160
	P-206	4	96	32160
	P-207	0,74	17,76	5949,6
	P-208	4	96	32160
	P-209	3	72	24120
	P-210	0,55	13,2	4422
	P-211	2,2	52,8	17688
	P-212	2,2	52,8	17688
	P-301	0,74	17,76	5949,6
	P-302	0,74	17,76	5949,6
	P-303	0,55	13,2	4422
	P-304	0,55	13,2	4422
	P-305	0,37	8,88	2974,8
	P-306	0,55	13,2	4422
	P-307	0,55	13,2	4422
	P-308	0,37	8,88	2974,8
	P-309	0,55	13,2	4422

Compresor	K-201	372,85	8948,4	2997714
Motor de agitador	R-201	19,49	467,76	156699,6
	R-202	11,1	266,4	89244
	R-203	9,57	229,68	76942,8
Total			11590,32	3882757,2

Fuente: Elaboración propia.

13.4. Determinación del nivel de iluminación requerido para cada ambiente

Para determinar el nivel de iluminación necesario y deseado para cada sector, se debe tener en cuenta algunos factores como: el uso de la zona que amerita la iluminación; el tipo de tarea que se va realizar; las dimensiones del espacio; el alumbrado de los espacios como del techo y paredes y otras condiciones como la luz natural. El nivel de iluminación se mide en lux (lm/m^2), y surge del cociente de flujo luminoso (lumen) y el área de la superficie iluminada (m^2).

Los valores de intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual y valores de intensidad mínima están regidos por la Ley N° 19.587 “Higiene y Seguridad en el trabajo” Decreto N° 4.160/73, los cuales se detallan en la Tabla 13.2 y Tabla 13.3 respectivamente.

Tabla 13.2: Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual (basa en Norma IRAM-AADL J 20-06).

Clase de actividad visual	Iluminación sobre el plano del trabajo [lux]	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Permitir movimientos seguros por ejemplo en lugares de poco tránsito: sala de calderas, depósito de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
	750 a 1.500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina,

Tareas severas y prolongadas y de poco contraste		sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1.500 a 3.000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
	3.000	Trabajo fino de relojería y reparación.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes.	5.000 a 10.000	Casos especiales como, por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.3: Intensidad mínima de iluminación (basada en Norma IRAM-AADL J 20-06).

Tipo de edificio, local y tarea visual		Valor mínimo de servicio de iluminación [lux]
Planta de procesamiento	Circulación general	100
	Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre aparatos	Iluminación sobre plano vertical	200
	Iluminación sobre mesas y pupitres	400
Laboratorio de ensayo y control	Iluminación general	400
	Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Panel de control		400
Sala de caldera		100
Baño/vestuarios		100 / 150
Comedor		200
Oficinas		500
Talleres		750

Fuente: Ley N° 19.587 "Higiene y Seguridad en el trabajo".

13.5. Adopción de tipos de luminarias

Las lámparas necesarias para iluminación se adoptan teniendo en cuenta los siguientes factores: el consumo energético, la economía de instalación, el mantenimiento que debe realizarse como así también el nivel de iluminación, las dimensiones del sector y la

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

exposición al medio ambiente. Las características de las lámparas a utilizar por sector se detallan en la Tabla 13.4.

Tabla 13.4: Iluminarias adoptadas.

Tipo de edificio	Tipo de lámpara	Flujo luminoso [lm]	Potencia [W]
Panel de control	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Comedor	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Baños y vestuarios	Luminaria LED Lutron Serie ODDA	1.803	12
Oficinas	Luminaria LED Lutron Serie ODDA	1.803	12
Sala de caldera	Luminaria LED Lutron Serie OSLO	19.000	105
Talleres	Luminaria LED Lutron MOSS - 180	28.500	154
Laboratorio	Luminaria LED Lutron Serie ODDA	1.803	12
Alumbrado exterior	Luminaria LED Lutron ROST-75-750-12L-T2-32350-G-SC-X	12.310	69

Fuente: elaboración propia en base a datos de **Fuente especificada no válida**.

En la planta existe, como se observa en la Tabla anterior, tanto iluminación interior en sectores cubiertos como exterior en sectores al aire libre. Para determinar la cantidad de lámparas requeridas para la iluminación interior y exterior se emplearán un conjunto de ecuaciones que a continuación se muestran. Algunas luminarias funcionarán solamente en los horarios entre las 6:00 PM y 6:00 AM, garantizando una correcta visualización de la planta.

13.6. Cálculo para determinar el número de lámparas requeridas

13.6.1. Iluminación interior

Para determinar el número de lámparas necesarias para cada sector de la planta de acuerdo al nivel de iluminación requerido en cada uno, se utiliza la Ecuación 13.1:

$$N^{\circ} \text{ lámparas} = \frac{E \times S}{F_m \times F_u \times I_L}$$

Ecuación 13.1: cálculo del número de lámparas.

Donde:

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

E: nivel de iluminación requerido en el sector [lux].

S: superficie del sector a iluminar [m²].

F_m: factor de mantenimiento [adimensional].

F_u: factor de utilización [adimensional].

I_L: flujo luminoso de la lámpara [lm].

El factor de mantenimiento (F_m), o también denominado de conservación, está relacionado con el ensuciamiento de la iluminación, lo cual se ve reflejado en una disminución de la intensidad de iluminación. 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.

El factor de utilización (F_u) brinda un rendimiento de las luminarias ubicadas en el sector analizado. Se calcula a partir del índice del local y los factores de reflexión (véase Figura 13.2). El índice del local se calcula con la siguiente Ecuación:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$

Ecuación 13.2

Donde:

k: índice del local.

a: largo de la superficie [m]

b: ancho de la superficie [m]

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias [m]

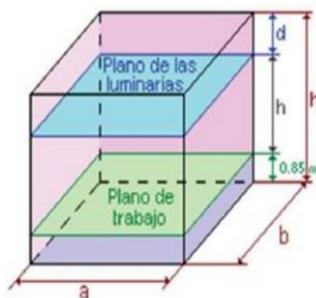


Figura 13.1: Dimensiones del local.

Fuente: ingenieriaindustrialonline.com

Los factores de reflexión del techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados (véase Tabla 13.5) para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados de un plano, lo que definen su color.

Tabla 13.5: coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0,70

	Claro	0,50
	Medio	0,30
Paredes	Claro	0,50
	Medio	0,30
	Oscuro	0,10
Suelo	Claro	0,30
	Oscuro	0,10

Fuente: ingenieriaindustrialonline.com

Se adopta un factor de reflexión de 0,50 para techo y 0,50 para las paredes.

De acuerdo al tipo de lámpara empleado, los factores de reflexión y el índice del local, se determina el factor de utilización (F_u) empleando la tabla de la siguiente figura.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (F_u)											
		Factor de reflexión del techo						Factor de reflexión de las paredes					
		0.8		0.7		0.5		0.3		0			
 0 %	0.6	.66	.62	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58
	0.8	.75	.71	.68	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67
 100 %	1.0	.80	.76	.73	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72
	1.25	.85	.81	.80	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77
	1.5	.88	.86	.82	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81
	2.0	.94	.90	.88	.93	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85
	2.5	.96	.93	.92	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88
	3.0	.99	.95	.94	.98	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89
	4.0	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92
	5.0	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 13.2: Tabla para cálculo de F_u .

Fuente: ingenieriaindustrialonline.com

A continuación, se presenta una tabla en donde se resumen la cantidad de lámparas calculadas y adoptadas para cada sector teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente.

Tabla 13.6: Cantidad de lámparas adoptadas.

Tipo de edificio	E [lux]	S [m ²]	k	F_u	F_m	II [lm]	Nº lámparas calculadas	Nº de lámparas adoptadas
Panel de control	400	18	0,90	0,77	2000	5,23	6	400
Comedor	200	23	0,78	0,74	2000	3,45	4	200
Baños y vestuarios	150	42	0,64	0,70	1803	5,59	6	150
Oficinas	150	29	1,09	0,79	1803	3,39	4	150
Sala de caldera	500	250	4,76	0,99	1803	77,81	78	500
Talleres	750	76,6	1,55	0,88	28500	2,55	3	750
Laboratorio	600	23	0,92	0,77	1803	11,04	12	600
Cantidad total de lámparas							109,06	113

Fuente: Elaboración propia.

13.6.2. Iluminación exterior

El alumbrado exterior consiste en la colocación de luminaria LED Luctron modelo ROST para su instalación en zonas cercanas a los límites del terreno adquirido frente al complejo industrial, junto con las vías de circulación, estacionamientos y playa de tanques.

Se utiliza el siguiente método para determinar la cantidad de luminaria a incorporar. Primero se calcula el flujo luminoso total (Φ), con la siguiente Ecuación:

$$\Phi = \frac{N_i \times S}{K}$$

Ecuación 13.3

Donde:

N_i : nivel de iluminación deseado [lux]

S: superficie a iluminar [m²]

K: coeficiente de utilización

Para nuestro caso, y tomando como pérdidas de flujo luminoso por condiciones ambientales, se adopta un valor de K entre 0,20 y 0,35. Una vez que se tiene el valor de la ecuación anterior, se procede al cálculo para obtener la cantidad de luminarias por cada zona, detallado en la Tabla 13.7.

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{\Phi}{\Phi_i}$$

Ecuación 13.4

Donde:

Φ_i : flujo de cada luminaria [lm]

Tabla 13.7: Cantidad de luminarias exteriores.

Sector	N_i [lux]	S [m ²]	K	Φ	Nluminarias	Nº de lámparas adoptadas
Playa de estacionamiento	100	270	0,28	98181,818	7,98	8
Vías de circulación	100	3990	0,28	1450909,1	117,86	118
Playa de tanques	100	2380	0,28	865454,55	70,30	71
Calderas	100	98,6	0,28	35854,545	3,77	4
sección 100	150	576	0,28	314181,82	25,52	26
sección 200	150	595	0,28	324545,45	26,36	27
sección 300	150	595	0,28	324545,45	26,36	27
plataforma torre de enfriamiento	200	15	0,28	10909,091	0,89	1
Cantidad total de lámparas					279,06	282

Fuente: elaboración propia.

13.6.3. Consumo total de energía eléctrica del sistema de iluminación

En la siguiente tabla se detalla el consumo energético de las luminarias. Dado que no todas permanecen encendidas todo el día, se calcula a partir de las horas de funcionamiento el consumo que tendrán.

Tabla 13.8: Consumo total de energía eléctrica del sistema de iluminación.

Sector	Nº de lámparas adoptadas	Potencia [W]	Horas de servicio [h]	Consumo diario [kW*h]	Consumo anual [kW*h]
Panel de control	6	12	24	1,73	578,88
Comedor	4	12	24	1,15	385,92
Baños y vestuarios producción	6	12	24	1,73	578,88
Baños y vestuarios administración	4	12	24	1,15	385,92
Oficinas varias	78	12	9	8,42	2822,04
Talleres	3	154	24	11,09	3714,48
Laboratorio	12	12	24	3,46	1157,76
Playa de estacionamiento	8	69	12	6,62	2219,04
Vías de circulación	118	69	12	97,70	32730,84
Playa de tanques	71	69	12	58,79	19693,98
Calderas	4	105	12	5,04	1688,40
Sección 100	26	69	12	21,53	7211,88
Sección 200	27	69	12	22,36	7489,26
Sección 300	27	69	12	22,36	7489,26
Plataforma torre de enfriamiento	1	69	12	0,83	277,38
Consumo total				263,95	88423,92

Fuente: Elaboración propia.

13.7. Consumo total de energía eléctrica de la planta

El consumo total de energía eléctrica de la planta, que contempla el consumo de los equipos involucrados en la producción y servicios auxiliares, como así también las luminarias, se encuentra descrito en la siguiente Tabla.

Tabla 13.9: Consumo total de energía eléctrica de la planta.

Tipo de consumo	Consumo diario [kW*h]	Consumo anual [kW*h]
Equipos	13874,64	4648004,4
Iluminación	263,952	88423,92
Total	14138,592	4736428,32

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO N°14:

CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

14. Control automático de procesos

14.1. Introducción y fundamentos del control automático de procesos

En la era contemporánea la producción industrial se ha caracterizado principalmente por la optimización de los procesos, empleando avances tecnológicos de la comunicación y el control, a fin de lograr productos a bajo costo, alta calidad y capaces de cumplir con los estándares exigidos por el mercado.

Como se dijo anteriormente, el control automático de procesos reduce costos, razón por la que se fundamenta su uso, lo que compensa la inversión en equipo de control. Además, tiene muchas ganancias intangibles, por ejemplo, la eliminación de mano de obra pasiva, la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado. La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático.

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, éste exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana. Este es el elemento más importante de cualquier sistema de control automático. (Abarca, 2011)

Esta tecnología permite supervisar y controlar numerosas variables de diversos procesos. El control y la automatización a través de la electrónica han experimentado un cambio importante en la mayoría de las industrias, para ampliar y mantener su posición en los respectivos campos de acción. (Picasso)

En el presente capítulo se llevará a cabo el control automático de la sección 100 correspondiente a la obtención del cumeno y su purificación del proceso de producción de fenol y acetona a partir de benceno y propileno. Además, se detallan los lazos de control involucrados y las hojas de especificaciones correspondientes a los instrumentos de medición y control para dicho proyecto.

14.2. Control automático

Como se dijo anteriormente se entiende por control automático, el mantener estable una variable del proceso mediante un dispositivo, por lo general electrónico, cuyo valor deseado está almacenado en la memoria de este y al recibir la señal de la variable controlada realiza los cálculos y estima la acción sobre la variable manipulada, corrigiendo y estabilizando el sistema de control. (Picasso)

Los cuatro componentes básicos de todo sistema de control son:

- ❖ Sensor, que también se conoce como elemento primario.
- ❖ Trasmisor, el cual se conoce como elemento secundario.
- ❖ Controlador, que es el cerebro del sistema de control.

- ❖ Elemento final de control, frecuentemente se trata de una válvula de control, aunque no siempre.

El sensor se conecta físicamente al transmisor, el cual capta la salida del sensor y la convierte en una señal, lo suficientemente intensa como para transmitirla al controlador. El controlador recibe la señal, la compara con el valor que se desea y, según el resultado de la comparación, decide que hacer para mantener la variable en el valor deseado. El controlador envía otra señal al elemento final de control el cual actúa según la señal. (Smith, 1991)

14.2.1. Control automático del reactor de la sección 100

Los equipos de esta sección son un reactor, dos separadores flash, tres intercambiadores de calor y dos columnas de destilación. Para que esta etapa se lleve a cabo correctamente, es importante controlar ciertas variables: temperatura, nivel de líquido, presión y caudal.

Las corrientes 1, 3 y 33, que contienen la mezcla propano-propileno, benceno fresco y benceno recirculado, son impulsadas por las bombas P-101/2/8 respectivamente. Como la relación con la que estas 3 corrientes entran al reactor es más que importante para garantizar la producción del cumeno, cada una de ellas tiene un caudalímetro vinculado a su respectiva bomba con un variador de frecuencia. Estos tres caudalímetros están enlazados entre sí para garantizar el cumplimiento de la relación antes mencionada.

La corriente 6 (mezcla de materias primas) ingresan al intercambiador de calor E-101 para lograr la temperatura objetivo, la misma es sensada por la TT-101 que está enlazada a la modulante EX-101 de modo que esta operará regulando la temperatura y presión al mismo tiempo.

Una vez que las materias primas se encuentran en la temperatura justa, las mismas son impulsadas al reactor R-101 por medio de la bomba P-103, la cual posee un variador de frecuencia enlazado con un transmisor de nivel (LT-101).

A la salida del reactor, los productos son impulsados por la bomba P-104 hacia el intercambiador E-101, con paso previo por la válvula modulante EX-101 cuyo funcionamiento se explicó anteriormente. Una vez que los productos abandonan el intercambiador, son dirigidos hacia el primer separador flash (F-101), en el cual, para mantener la presión dentro del mismo, se regula por medio de una válvula modulante (EV-101).

Por el tope salen los vapores y por el fondo los líquidos, ambos son dirigidos a dos intercambiadores independientes donde son enfriados a una temperatura objetivo, dicha temperatura es sensada por un transmisor de temperatura y regulada mediante una válvula modulante. Los vapores condensados son dirigidos mediante la bomba P-105

hacia el segundo separador flash F-102 el cual posee el mismo automatismo que el primero. Los vapores de este segundo separador son dirigidos hacia la antorcha de quemado, mientras que los líquidos del fondo son impulsados por la bomba P-107 que se unen con los enfriados del primer separador impulsados por la bomba P-106 y ambos se dirigen hacia la primera columna de destilación, llamada columna de recuperación de benceno, C-101.

La alimentación a la columna es controlada por el caudalímetro FT-103 enlazado a las bombas P-106/7 regulando el caudal mediante los variadores de frecuencia VF-104/5. La presión de la columna es controlada por la PT-104 y regulada por la válvula modulante EV-104. La columna al igual que los separadores flash, posee dos switches de nivel de “seguridad” los cuales trabajan para que la misma no se vacíe ni se rebalse. Las concentraciones del destilado y del fondo son controladas mediante la temperatura, esta se mide mediante los transmisores TT-103/4 enlazados a válvulas modulantes EV-105/6. El destilado corresponde al benceno recirculado ya mencionado anteriormente, el fondo (corriente 35) es enviado a la segunda columna, columna de purificación del cumeno, C-102. La columna C-102 posee los mismos instrumentos y automatismos que la C-101. El destilado corresponde al cumeno purificado y es enviado hacia la sección 200, mientras que el fondo es el DIPB y enviado a su tanque de almacenamiento.

14.3. P&ID

A continuación, en la Figura 14.1, se detalla el P&ID de la sección 100 correspondiente a la producción y purificación del cumeno para la producción del fenol y la acetona a partir del benceno y propileno.

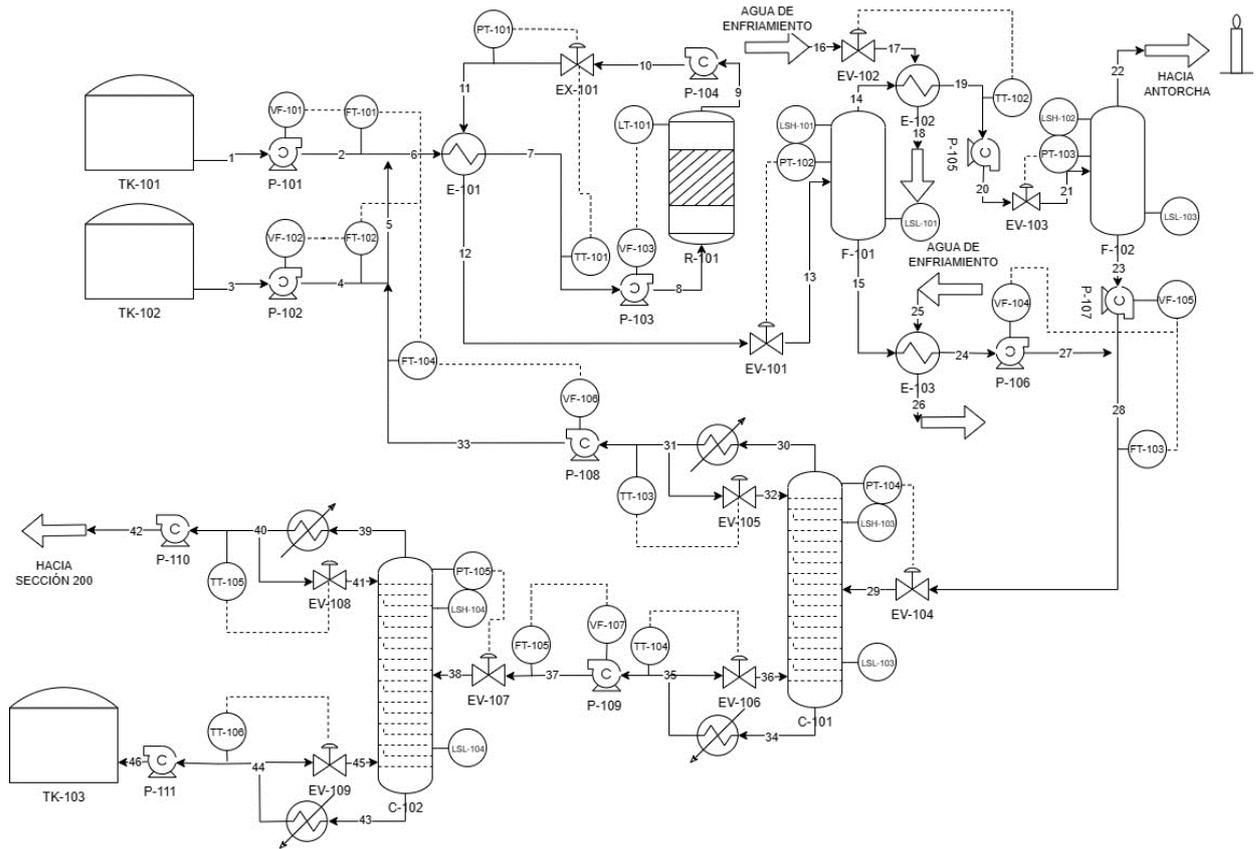


Figura 14.1: P&ID de la sección 100.

Fuente: Elaboración propia.

14.4. Hojas de especificación de los instrumentos

En las Tablas 14.1 a 14.6 se describen las especificaciones de los instrumentos; mientras que en las Figuras 14.2 a 14.7 se esquematizan los mismos.

Tabla 14.1: Hoja de especificación de transmisor de temperatura.

Hoja de especificación	Transmisor de temperatura	
General	Nombre	TT-101
	Tipo	Transmisor
	Tipo de señal	Analógica
	Función	Medición
	Servicio	Medición de temperatura
	Ubicación	Corriente 7
	Sector	Sección 100
Cabezal	Conexión/extremo	Roscado
	Seguridad intrínseca	Si
	Material	AISI 304
Transmisor	Rango (°C)	0-300
	Conexión eléctrica	2 hilos
	Señal de salida	4 Ma - 20 Ma
	Voltaje de funcionamiento	24 V

	Material electrodo	Platino
--	--------------------	---------

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 6 unidades

Precio: 80 USD/unidad



Figura 14.2: Transmisor de temperatura.

Fuente: Direct Industry – Valcom.

Tabla 14.2: Hoja de especificación de transmisor de caudal.

Hoja de especificación	Transmisor de caudal	
General	Nombre	FT-101
	Tipo de señal	Digital
	Función	Medición
	Servicio	Medición de caudal
	Ubicación	Corriente 2
	Sector	Sección 100
Conexión a proceso	Diámetro de cañería	1 pulgada
	Material de cañería	Acero inoxidable
	Conexión/extremo	Bridada
Transmisor	Señal de salida	4 Ma - 20 Ma
	Voltaje de funcionamiento	24 V
	Material electrodo	Titanio
	Rangos de medición	100mbar a 16bar
	Precisión	±0,075%

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 5 unidades

Precio: 100 USD/unidad



Figura 14.3: Transmisor de caudal.

Fuente: Contatec.

Tabla 14.3: Hoja de especificación de transmisor de nivel.

Hoja de especificación	Transmisor de nivel	
General	Nombre	LT-101
	Función	Medición
	Servicio	Medición de nivel
	Ubicación	R-101
	Sector	Sección 100
Sensor	Material	Acero inoxidable
	Orientación	Vertical
	Longitud del sensor	8 pulg
	Conexión a proceso	Bridada
Transmisor	Señal de salida	Digital - 4 a 20 mA
	Voltaje de funcionamiento	24 V

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 1 unidad

Precio:100 USD/unidad



Figura 14.4: Transmisor de nivel.

Fuente: Emerson.

Tabla 14.4: Hoja de especificación de válvula modulante.

Hoja de especificación	Válvula modulante	
General	Nombre	EV-101
	Función	Control
	Servicio	Control de caudal
	Ubicación	Corriente 12
	Sector	Sección 100
Cuerpo	Tipo de válvula	Modulante
	Conexión a proceso	Bridada
	Material	Acero inoxidable

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

Actuador	Tipo de actuador	Neumático
	Fluido motor	Aire comprimido
	Presión fluido motor	6 bar
	Voltaje	24 V
	Transmisor	Analógico
Condiciones operativas	Caudal máximo kg/h	6000
	Presión de entrada bar	1
	Presión de salida bar	0,4

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 10 unidades

Precio: 80 USD/unidad



Figura 14.5: Válvula modulante.

Fuente: Genebre.

Tabla 14.5: Hoja de especificación de variador de frecuencia.

Hoja de especificación	Variador de frecuencia	
General	Nombre	VF-101
	Tipo de variador	Digital
	Función	Modificar la potencia
	Servicio	Variación de frecuencia
	Ubicación	Bomba P-101
	Sector	Sección 100
Conexión a proceso	Corriente de salida	2,1 A - 9,6 A
	Conexión de entrada	220V - 380V
	Voltaje de funcionamiento	220 V
Salida	Tipo de salida	Triple
	Frecuencia de salida	0,00 - 300Hz

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 7 unidades

Precio:130 USD/unidad



Figura 14.6: Variador de frecuencia.

Fuente: Siemens.

Tabla 14.6: Hoja de especificación de transmisor de presión.

Hoja de especificación	Transmisor de presión	
General	Nombre	PT-101
	Función	Medición
	Servicio	medición de la presión
	Ubicación	Corriente 11
	Sector	Sección 100
Sensor	Tipo de sensor	Analógico
	Orientación	Horizontal
	Material	Acero inoxidable
	Rango de medición	0 mbar - 250 mbar
	Máxima presión	250 mbar
	Conexión a proceso	Roscada
Transmisor	Señal de salida	Analógica 4-20 mA
	Indicación local	No

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 5 unidades

Precio:100 USD/unidad



Figura 14.7: Transmisor de presión.

Fuente: WIKA.

Tabla 14.7: Hoja de especificación de switch de nivel.

Hoja de especificación	Switch de nivel	
General	Nombre	LSL-101
	Función	Medición discontinua
	Ubicación	F-101
	Sector	Sección 100
Sensor transmisor	Tipo de sensor	Capacitivo

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

	Orientación	Horizontal
	Material	Acero inoxidable
	Longitud	0,01 bar - 2 bar
	Voltaje	24V
	Conexión a proceso	Bridada
	Señal de salida	Digital

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad requerida: 8 unidades

Precio: 80 USD/unidad



Figura 14.8: Switch de nivel.

Fuente: Endress+Hauser.

CAPÍTULO N°15:

HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

15. Higiene y seguridad industrial

15.1. Introducción

Una meta de la ingeniería química, y específicamente de los ingenieros involucrados en el diseño de plantas industriales, es la de 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.

En el presente capítulo se detallan las normativas sobre seguridad tanto de la industria como del personal de trabajo interno y externa a la industria. También se detallan las propiedades de las sustancias involucradas en el proceso y se realiza un sistema de prevención contra incendios, evacuación de la planta, y las respectivas capacitaciones que involucra al personal de la empresa.

15.2. Marco legal

La higiene Industrial puede definirse como la técnica no médica de prevención de enfermedades profesionales. Las actividades productivas en general utilizan para su producción sustancias químicas, biológicas y/o energía (físicas). Al someterlas a procesos de manufacturado estas expulsan subproductos y residuos al medio ambiente, que en muchos casos resultan ser tóxicos. Un medio ambiente insano es un potencial daño para la salud de los trabajadores, que mantenido en el tiempo va a producir enfermedades relacionadas con el trabajo (que podrán ser en realidad Enfermedades Profesionales), y efectos sobre el medio ambiente circundante a la empresa y la población cercana. Para minimizar estos riesgos o eliminarlos interviene la Higiene Industrial, mediante técnicas que les permitan identificar los agentes presentes en dicho medio ambiente, conocer el modo en el que están emergiendo, su concentración en el aire y su toxicidad.

El perfil dedicado a la prevención de riesgos y enfermedades laborales de la planta productora de fenol y acetona, se basa en el panorama legislativo vigente en la República Argentina según lo indicado el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social³:

- ❖ Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- ❖ Ley N° 24.557 de Riesgos del Trabajo.
- ❖ Ley N° 27.348 Complementaria de la Ley de Riesgos del Trabajo.

³ Elaboramos, administramos y fiscalizamos políticas y acciones para mejorar las condiciones de trabajo, capacitación, inserción laboral y cobertura social de todos los ciudadanos.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

- ❖ Decreto N° 351/79, Reglamentario de la Ley N° 19.587.
- ❖ Decreto N° 658/96, Listado de Enfermedades Profesionales.
- ❖ Resolución SRT N° 37/10, Exámenes Médicos.

15.2.1. Derechos y obligaciones que le corresponden a los trabajadores

Derechos

- ❖ Trabajar en un ambiente sano y seguro.
- ❖ Conocer los riesgos que puede tener su trabajo.
- ❖ Recibir información y capacitación sobre cómo prevenir accidentes o enfermedades profesionales.
- ❖ Recibir los elementos de protección personal según su trabajo.
- ❖ Estar cubierto por una ART a través de la afiliación de su empleador.
- ❖ Conocer cuál es su ART.
- ❖ Si su empleador no tiene ART, o no lo ha declarado como empleado ante la misma, tiene derecho a denunciarlo ante la Superintendencia de Riesgos del Trabajo⁴ (SRT) para intimarlo a que se afilie o lo declare.

Obligaciones

- ❖ Denunciar ante su empleador o ART, los accidentes de trabajo o enfermedades profesionales.
- ❖ Cumplir con las normas de seguridad e higiene.
- ❖ Comunicar a su empleador, ART o a la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) cualquier situación peligrosa para usted o para el resto del personal relacionada con el puesto de trabajo o establecimiento en general.
- ❖ Participar de actividades de capacitación sobre salud y seguridad en el trabajo.
- ❖ Utilizar correctamente los elementos de protección personal provistos por el empleador.
- ❖ Cumplir con la realización de los exámenes médicos periódicos. **Fuente especificada no válida.**

15.2.2. Derechos y obligaciones que le corresponden a los empleadores

Derechos

⁴ Promovemos ambientes laborales sanos y seguros y controlamos que las Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (ART) otorguen las prestaciones médico-asistenciales y dinerarias en caso de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

- ❖ Elegir una ART y cambiar de aseguradora, luego de cumplir los plazos mínimos de afiliación.
- ❖ Recibir por parte de la ART asesoramiento, capacitación y asistencia técnica en materia de prevención de riesgos para el propio empleador y para sus trabajadores.
- ❖ Recibir información de la ART sobre el régimen de alícuotas vigente, sobre las prestaciones que prevé el sistema de riesgos del trabajo y los procedimientos de denuncia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- ❖ Exigir a su ART la realización de los exámenes periódicos que correspondan y el cumplimiento de la asistencia médica y económica a sus trabajadores en caso de accidentes o enfermedades profesionales.
- ❖ Exigir a su ART la entrega de credenciales para los trabajadores en la cual consta el número telefónico de la aseguradora para llamar en forma gratuita al Centro Coordinador de Atención Permanente (CeCAP) que brinda asistencia y orientación en caso de accidente de trabajo.

Obligaciones

- ❖ Estar afiliado a una ART o autoasegurarse (sólo si cumplen con los requisitos establecidos).
- ❖ Notificar a la ART la incorporación de nuevo personal.
- ❖ Informar a sus trabajadores a qué ART está afiliado.
- ❖ Cumplir con las normas de higiene y seguridad en el trabajo establecidas a través de las Leyes N° 19.587 y N° 24.557 y sus normativas complementarias.
- ❖ Adoptar las medidas necesarias para prevenir riesgos en el trabajo.
- ❖ Informar a sus trabajadores de los riesgos que tiene su tarea y protegerlos de los mismos.
- ❖ Proveer a sus trabajadores de los elementos de protección personal y capacitarlos para su correcta utilización.
- ❖ Capacitar a sus trabajadores en métodos de prevención de riesgos del trabajo.
- ❖ Realizar los exámenes médicos preocupacionales y por cambio de actividad (si dicho cambio implica el comienzo de una eventual exposición a agentes de riesgo), e informar los resultados de los mismos al trabajador.
- ❖ Denunciar ante la ART los accidentes de trabajo o enfermedades profesionales que ocurran en su establecimiento.
- ❖ Solicitar a la ART la atención médica inmediata en caso de accidentes de trabajo o enfermedad profesional.

- ❖ Denunciar incumplimientos de su ART ante la Superintendencia de Riesgos del Trabajo.
- ❖ Mantener un registro de accidentabilidad laboral.
- ❖ Inscribirse a través de su ART al “SISTEMA DE VIGILANCIA Y CONTROL DE SUSTANCIAS Y AGENTES CANCERIGENOS” (Resolución SRT 81/19) y al “Registro Nacional para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores” (Resolución SRT 743/03).

15.3. Política ambiental, de seguridad y salud en el trabajo

El objetivo por cumplir respecto a la seguridad e higiene industrial consiste en mejorar la calidad de vida y contribuir a un desarrollo seguro y sostenible. Para ello, la gerencia se compromete a generar conciencia sobre la importancia de los aspectos que incluye una planta segura cuyo personal está involucrado en todas las secciones del establecimiento. Esta conciencia deberá derivar, en última instancia, en un fuerte compromiso por parte del personal hacia las prácticas seguras y responsables.

Se implementa los criterios ambientales, de seguridad y salud en el trabajo, garantizando que las actividades que se realicen, en las diferentes áreas de incumbencia, y bajo control, consideren:

- ❖ La prevención y control de la contaminación y otros compromisos específicos correspondientes al contexto de la organización para la protección del ambiente, mediante el uso de procedimientos, prácticas, materiales o productos que la eviten, reduzcan o controlen.
- ❖ La prevención de accidentes laborales, eliminación de peligros y reducción de riesgos, mediante la aplicación y el control de buenas prácticas en el trabajo.
- ❖ El mantenimiento de ambientes de trabajo saludables y la prevención de enfermedades asociadas a la realización del trabajo.
- ❖ El cumplimiento de la legislación y reglamentación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud en el trabajo.
- ❖ La definición de objetivos y metas en las áreas de gestión ambiental, de seguridad y salud en el trabajo, coherentes con el marco de esta política y el contexto de la organización.
- ❖ La generación de un espacio de consulta y diálogo con los trabajadores para el análisis de las mejoras posibles en estas áreas de gestión.
- ❖ Las expectativas de los diferentes grupos de interés pertinentes.
- ❖ La mejora continua orientada al desempeño de cada área de gestión en materia de ambiente, seguridad y salud en el trabajo y al relacionamiento con las partes interesadas.

- ❖ Se compromete a la implementación de esta política, su comunicación a todo el personal y partes interesadas pertinentes, manteniéndola disponible al público.

15.4. Gestión de higiene y seguridad

La responsabilidad sobre cuestiones relacionadas con higiene y seguridad de la planta recaerá sobre los miembros del Departamento de Seguridad, Higiene y Ambiente (SHyA). Dicho departamento, será el encargado de proteger la vida, 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; así como también de brindar soluciones y mejoras para disminuir los riesgos de siniestros.

15.5. Estructura del Dpto. de SHyA

La estructura de la empresa, departamento y personal está conformada según lo establecido en el capítulo Organización de la empresa, donde se detalla el organigrama de toda la planta.

15.5.1. Responsabilidades del Dpto. de SHyA

Las responsabilidades de los miembros del departamento de higiene y seguridad, al igual que su estructura, se exponen en el capítulo antes mencionado; siempre respetando las leyes vigentes. Además, les corresponde a los integrantes de este departamento junto con el directorio de la empresa elaborar e implantar un sistema de reglamentaciones generales y particulares. Estas reglamentaciones conformarán el Manual de Higiene y Seguridad de la empresa, el cual se dividirá por sectores en función de las distintas actividades de esta.

El Manual de Higiene y Seguridad de la empresa estará basado en las recomendaciones y exigencias internacionales, adaptadas a las características del país. Por lo tanto, las disposiciones propias de la empresa estarán en concordancia con la legislación vigente nacional e internacional.

Es responsabilidad del jefe del departamento de higiene y seguridad garantizar de que todos los empleados conozcan los puntos del manual y es responsabilidad de los trabajadores cumplir con estas reglamentaciones. Cualquier incumplimiento será

sancionado y dichas sanciones serán previamente establecidas por el departamento de higiene y seguridad junto con la gerencia de la empresa.

15.6. Seguridad en el diseño

Todas las áreas de la ingeniería de diseño deben satisfacer las reglamentaciones específicas de seguridad, así como códigos y recomendaciones.

15.6.1. Diseño del proceso

Los diseñadores son responsables de remarcar las áreas de proceso donde los riesgos potenciales exceden a las expectativas normales de riesgo en la planta. Los riesgos potenciales de proceso son:

- ❖ Temperaturas máximas y mínimas.
- ❖ Presiones máximas y mínimas.
- ❖ Reacciones peligrosas.
- ❖ Sustancias tóxicas y peligrosas.
- ❖ Sustancias corrosivas.

El proceso productivo de Fenol y Acetona, se encuentra detallado en el capítulo correspondiente a “Descripción y selección del proceso de producción”. En dicho capítulo se detallan las condiciones de proceso, destacándose aquellas que significan mayores riesgos.

15.6.2. Diseño de equipos

Las recomendaciones para el diseño detallado de los equipos deben ser semejantes a las hechas para el diseño del proceso.

Consideraciones para el diseño de equipos

- ❖ Temperaturas máximas de diseño.
- ❖ Presiones máximas de diseño.
- ❖ Protecciones frente a partes móviles del equipo.
- ❖ Aislamiento térmico.
- ❖ Aislamiento para protección personal.
- ❖ Válvulas de seguridad.
- ❖ Soportes a prueba de fuego.

Los equipos principales del proceso de producción de Fenol y Acetona se encuentran detallados en el capítulo correspondiente a “Diseño y adopción de equipos”.

15.6.3. Metalurgia

El principal responsable de esta área será, dentro del equipo de diseño, un especialista en metalurgia.

Consideraciones sobre metalurgia

- ❖ Elección de materiales.
- ❖ Tolerancias de corrosión.

Los materiales de construcción de los equipos correspondientes al proceso de producción de Fenol y Acetona se encuentran detallados en el capítulo “Diseño y adopción de equipos”.

15.6.4. Obras civiles y estructurales

Los edificios deben satisfacer códigos locales y nacionales de construcción que incluyen requerimientos específicos de seguridad. Además, las unidades pueden llegar a requerir medidas adicionales de seguridad, las cuales se deben tener presentes.

Consideraciones sobre obras civiles y estructurales

- ❖ Seguridad en espacios interiores.
- ❖ Materiales de construcción.
- ❖ Seguridad en materiales de construcción.
- ❖ Sectorización de la planta.
- ❖ Emplazamiento de edificios.
- ❖ Diseño frente a terremotos.
- ❖ Diseño frente a descargas eléctricas.
- ❖ Diseño considerando la carga máxima de viento.
- ❖ Cargas de diseño para equipos y tuberías.
- ❖ Cargas máximas combinadas.
- ❖ Equipo para elevación de piezas.
- ❖ Protección contra el fuego de las estructuras.
- ❖ Caminos interiores.

En el capítulo “Obras civiles” se indican algunos de los aspectos antes mencionados. Allí se encuentran las medidas tenidas en cuenta respecto a higiene y seguridad al momento de definir cómo se construirán todas las estructuras que comprende la totalidad de la planta.

15.6.5. Instalaciones eléctricas

Se detalla a continuación parte del Capítulo 14 “Instalaciones eléctricas”, tomado de la Ley N° 19.587:

Las instalaciones y equipos eléctricos de los establecimientos, deberán cumplir con las prescripciones necesarias para evitar riesgos a personas o cosas. Los materiales

y equipos que se utilicen en las instalaciones eléctricas, cumplirán con las exigencias de las normas técnicas correspondientes. Los proyectos de instalaciones y equipos eléctricos de más de 1.000 voltios de tensión deberán estar aprobados en los rubros de su competencia por el responsable del servicio de Higiene y Seguridad. Los establecimientos efectuarán el mantenimiento de las instalaciones y verificarán las mismas periódicamente en base a sus respectivos programas, confeccionados de acuerdo a normas de seguridad, registrando debidamente sus resultados. Se extremarán las medidas de seguridad en salas de baterías y en aquellos locales donde se fabriquen, manipulen o almacenen materiales inflamables, explosivos o de alto riesgo; igualmente en locales húmedos, mojados o con sustancias corrosivas. Se deberán adoptar las medidas tendientes a la eliminación de la electricidad estática en todas aquellas operaciones donde pueda producirse. Se extremarán los recaudos en ambientes con riesgo de incendio o atmósferas explosivas. Los establecimientos e instalaciones expuestos a descargas atmosféricas, poseerán una instalación contra las sobretensiones de este origen que asegure la eficaz protección de las personas y cosas. Las tomas a tierra de estas instalaciones deberán ser exclusivas e independientes de cualquier otra.

15.7. Seguridad en la construcción de la planta

La etapa de construcción de instalaciones es aquella en que se materializan los proyectos procedentes de la etapa de diseño. Esta etapa será ejecutada por una empresa contratada para tal fin. Esto proporciona características particulares a la consideración de la seguridad en la construcción de las instalaciones.

La seguridad en la construcción tendrá dos vertientes a considerar por separado:

1. Seguridad en los propios trabajos de construcción: la dispersión de mandos y responsabilidades que se deriva de la actuación de la empresa contratista dentro del ámbito de la empresa propietaria obliga a una coordinación adecuada de información, actuación y mando; esto incluye:
 - a- Notificación de los procedimientos de seguridad en la construcción a los contratistas.
 - b- Emisión y control de permisos para la ejecución de trabajos de cierta peligrosidad.
 - c- Nombramiento de uno o varios supervisores de seguridad con atribuciones para emitir y controlar los permisos, así como para detener los trabajos en caso oportuno, y no autorizados previamente.
 - d- Aseguramiento eficiente y fehaciente por los contratistas sobre los riesgos de accidente y de daños a terceros.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

- e- Consideración de todos los riesgos derivados de los propios trabajos y del entorno en que se llevan a cabo los mismos.
- 2. Seguridad y control de calidad en la construcción: la calidad de la obra ejecutada y la fidelidad a un diseño correcto influyen de manera importante en la seguridad de la operación y mantenimiento futuro de las instalaciones. Ello hace que un control cuidadoso de dicha calidad sea un complemento imprescindible a un proyecto bien ejecutado. El supervisor de seguridad, es quien deberá cerrar el permiso una vez considerada finalizada la tarea.

15.8. Seguridad en la puesta en marcha

El proceso de puesta en marcha de la planta es peligroso debido a que se trata de una planta recién construida. En este punto todo el equipo es nuevo. Puede ser que durante el diseño no se hayan descubierto errores o materiales inadecuados. Además, los operarios no estarán aún familiarizados con la distribución en planta y la operación de la misma. Por estas razones es que las pruebas y la puesta en marcha definitiva serán llevados adelante en pasos lentos. Cada parte del sistema será probado independientemente. Después de que todos los sistemas han sido comprobados detalladamente utilizando fluidos no peligrosos y la planta esté en una situación no peligrosa, entonces, y sólo entonces, se introducirán los materiales peligrosos lentamente y de forma secuencial en la planta.

Antes de llevar a cabo esta etapa, para asegurar que se han tomado todas las precauciones debidas durante el diseño y la construcción, el especialista en higiene y seguridad realizará un chequeo general de todos los sectores de la planta.

15.9. Seguridad en la operación

La seguridad en la operación constituye una continuidad de la seguridad en el diseño, ya que la probabilidad de que un incidente peligroso ocurra no depende únicamente de las características técnicas del proceso ni de los controles de seguridad, sino también de aspectos operativos y organizativos del control de riesgos tales como son las actitudes de los mandos y de los operarios, de los errores humanos, de un mantenimiento inadecuado, del conocimiento y comprensión escasos por los operarios.

15.10. Seguridad en el mantenimiento

Todo lo que se ha definido hasta el momento, llevado a cabo con eficiencia del 100%, llevaría a una cobertura preventiva importante si las instalaciones mantuvieran indefinidamente el estado en que iniciaron su actividad. Debido a las agresiones

(desgastes, corrosiones, envejecimientos) que sufren diferentes partes de la instalación por su uso y por la acción de factores internos y externos, se pueden producir averías que originan condiciones inseguras. Por ello es evidente que el mantenimiento eficaz contribuye a la seguridad de instalaciones y operaciones de manera importante.

En nuestra planta, se implementarán dos tipos de mantenimiento, los cuales son complementarios entre sí. Estos son:

- ❖ **Mantenimiento correctivo:** intervención correctora de las averías con rapidez, eficiencia y precauciones (seguridad en la propia acción correctora). Para este tipo de mantenimiento es que se dispondrá de una cantidad determinada estadísticamente de repuestos en existencia.
- ❖ **Mantenimiento preventivo:** se efectuarán inspecciones periódicas de todos los elementos de las instalaciones, con frecuencias mínimas o ajustadas a los análisis estadísticos de averías, con el fin de que la reparación o sustitución de aquéllos se efectúe antes de que la avería se declare. Cuando la avería pueda llegar a tener consecuencias serias para la seguridad, el mantenimiento preventivo será obligatorio.

Los trabajos de mantenimiento serán efectuados exclusivamente por personal capacitado, debidamente autorizado por la empresa para su ejecución, según lo establecido en el capítulo “Organización de la empresa”.

15.11. 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.

15.12. Seguridad en la señalización de la planta

Según norma ISO 7.010 se entiende por señalización de seguridad y salud en el trabajo una señalización que, referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel. Una señalización se compone por distintos colores de seguridad a los cuales se les atribuye una significación determinada en relación con la seguridad y salud en el trabajo y un símbolo o

pictograma que describe una situación u obliga a un comportamiento determinado. Las señales pueden ser: ópticas, acústicas, olfativas o táctiles.

La legislación establece las señales que deben estar presentes en la industria. Todas las señalizaciones deberán conservarse en buenas condiciones de visibilidad, limpiándolas o repintándolas periódicamente. Las pinturas que se utilizan deberán ser resistentes y durables. Los carteles e indicadores serán pintados en colores intensos y contrastantes con la superficie que los contenga, para evitar confusiones.

Las señales de color rojo indican prohibición y presentan las siguientes características (Figura 15.1):

- ❖ 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.
- ❖ Forma redonda.
- ❖ Pictograma negro sobre fondo blanco.
- ❖ Bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45°) de color rojo.
- ❖ El color rojo debe cubrir como mínimo el 35%.
- ❖ Bordes negros.



Figura 15.1: Señales de prohibición.

Fuente: Google imágenes.

Las señales de color amarillo indican advertencia y presentan las siguientes características (Figura 15.2):

- ❖ Señal de advertencia: atención, precaución, verificación.
- ❖ Forma triangular.
- ❖ Pictograma negro sobre fondo amarillo.
- ❖ El color amarillo debe cubrir como mínimo el 50%.
- ❖ Bordes negros.

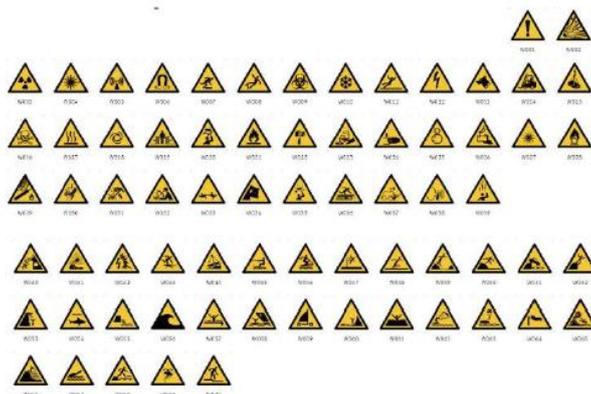


Figura 15.2: Señales de advertencia.

Fuente: Google imágenes.

Las señales de color azul indican obligación y presentan las siguientes características (Figura 15.3):

- ❖ Señal de obligación: comportamiento o acción específica, obligación de utilizar un equipo de protección personal.
- ❖ Forma redonda.
- ❖ Pictograma blanco sobre fondo azul.
- ❖ El color azul debe cubrir como mínimo el 50%.



Figura 15.3: Señales de obligación.

Fuente: Google imágenes.

Las señales de color verde indican auxilio o evacuación y presentan las siguientes características (Figura 15.4):

- ❖ Señal de salvamiento o de auxilio: puertas de salida, pasajes, material, puestos de salvamiento de socorro, locales, situación de seguridad, vuelta a la normalidad.
- ❖ Forma rectangular o cuadrada.
- ❖ Pictograma blanco sobre fondo verde.
- ❖ El color verde deberá cubrir como mínimo el 50%.



Figura 15.4: Señales de auxilio o evacuación.

Fuente: Google imágenes.

Las señales de elementos de lucha contra incendios poseen las siguientes características (Figura 15.5):

- ❖ Forma rectangular o cuadrada.
- ❖ Pictograma blanco sobre fondo rojo.
- ❖ El color rojo deberá cubrir como mínimo el 50%.



Figura 15.5: Señales de elementos de lucha contra incendios.

Fuente: Google imágenes.

Deberán también demarcarse las zonas de proceso con franjas de color amarillo que indiquen dirección y sentido de circulación en pasillos y caminos. Así también, las zonas de circulación de operarios, transportadores y equipos de emergencia. Es menester destacar en todos los casos los cruces, desviaciones u obstáculos donde puedan encontrarse elementos de transporte, contarán con indicación del peligro mediante franjas anchas de color amarillo.

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 un candado numerado previamente. Con esta última se obtiene la habilitación de la máquina intervenida, por lo que esta tarjeta es la indicadora del peligro, ya que la presencia de la tarjeta ubicada en cualquier circuito o mecanismo (válvulas, interruptores, botoneras, etc.) indica que el equipo no debe ser operado bajo ningún concepto. Si un mismo equipo está siendo intervenido por distinto personal de la planta (ejemplo: eléctrico, operario, responsable de seguridad e higiene), cada uno de ellos colocará su propia Tarjeta de Seguridad. Tales tarjetas estarán a disposición de los

solicitantes en las oficinas de mantenimiento y en la oficina de higiene y seguridad. A continuación, se muestran modelos típicos de tarjetas de seguridad.



Figura 15.6: Modelos típicos de Tarjetas de Seguridad.

Fuente: Google imágenes.

El pintado de cañerías cumplirá con los requisitos establecidos en la Norma IRAM 2507.

COLOR	IRAM	SIGNIFICADO
Naranja Internacional	02-1-040	Vapor de agua
Verde Claro	01-1-120	Agua fría
Amarillo	05-1-020	Combustibles líquidos y gases
Bermellón	03-1-080	Elementos de protección c/ncendios
Gris Industrial	09-1-060	Productos inofensivos
Castaño	07-1-120	Vacio
Azul Industrial	08-1-070	Aire comprimido
Negro	11-1-060	Electricidad
Verde Claro con franjas Naranja Internacional		Agua caliente
Gris industrial con franjas Naranja Internacional		Productos peligrosos

Figura 15.7: Pintado de cañerías, según Norma IRAM 2507.

Fuente: Google imágenes.

Las cañerías de vapor, agua caliente y similares, deberán instalarse lo más alejadas posible de cualquier material combustible y en lugares visibles tendrán carteles que avisen al personal el peligro ante un eventual contacto.

15.13. Equipos y elementos de protección personal

Se detalla a continuación parte del Capítulo 19 “Equipos y elementos de protección personal”, correspondiente a la Ley 19.587:

La determinación de la necesidad de uso de equipos y elementos de protección personal, su aprobación interna, condiciones de utilización y vida útil, estará a cargo del responsable del Servicio de Higiene y Seguridad en el trabajo, con la participación del Servicio de Medicina del trabajo en lo que se refiere al área de su competencia. Una vez determinada la necesidad del uso de equipos y elementos de protección personal, su utilización será obligatoria de acuerdo a lo establecido en el artículo 10 de la ley 19587. El uso de los mismos no ocasionará nuevos riesgos.

Los equipos y elementos de protección personal, serán de uso individual y no intercambiables cuando razones de higiene y practicidad así lo aconsejen. Queda prohibida la comercialización de equipos y elementos recuperados o usados, los que deberán ser destruidos al término de su vida útil.

Los equipos y elementos de protección personal, deberán ser proporcionados a los trabajadores y utilizados por éstos, mientras se agotan todas las instancias científicas y técnicas tendientes a la aislación o eliminación de los riesgos.

La **ropa de trabajo** cumplirá lo siguiente: 1. Será de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a las condiciones del puesto de trabajo. 2. Ajustará bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos. 3. Siempre que las circunstancias lo permitan, las mangas serán cortas y cuando sean largas, ajustarán adecuadamente. 4. Se eliminarán o reducirán en lo posible, elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros, por razones higiénicas y para evitar enganches. 5. Se prohibirán el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros. 6. En casos especiales la ropa de trabajo será de tela impermeable, incombustible, de abrigo o 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.

La **protección de la cabeza**, comprenderá, cráneo, cara y cuello, incluyendo en caso necesario la específica de ojos y oídos. Siempre que el trabajo determine exposiciones constantes al sol, lluvia o nieve, deberá proveerse cubrecabezas adecuados. Cuando existan riesgos de golpes, caídas, o de proyección violenta de objetos sobre la cabeza, será obligatoria la utilización de cascos protectores. Estos podrán ser con ala completa a su alrededor o con visera en el frente únicamente, fabricados con material resistente a los riesgos inherentes a la tarea, incombustibles o de combustión muy lenta y deberán proteger al trabajador de las radiaciones térmicas y descargas eléctricas.

Las **pantallas contra la proyección de objetos** deberán ser de material transparente, libres de estrías, rayas o deformaciones o de malla metálica fina, provistas de un visor con cristal inastillable.

Los medios de **protección ocular** serán seleccionados en función de los siguientes riesgos: 1. Por proyección o exposición de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas. 2. Radiaciones nocivas. La protección de la vista se efectuará mediante el empleo de anteojos, pantallas transparentes y otros elementos que cumplan la finalidad. Los anteojos y otros elementos de protección ocular se conservarán siempre limpios y se guardarán protegiéndolos contra el roce.

Las **lentes para anteojos de protección** deberán ser resistentes al riesgo, transparentes, ópticamente neutras, libres de burbujas, ondulaciones u otros defectos y las incoloras transmitirán no menos del 89% de las radiaciones incidentes. Si el trabajador necesitare cristales correctores, se le proporcionarán anteojos protectores con la adecuada graduación óptica u otros que puedan ser superpuestos a los graduados del propio interesado.

Cuando el nivel sonoro continuo equivalente, supere los valores límites, será obligatorio el uso de elementos individuales de **protección auditiva**, sin perjuicio de las medidas de ingeniería que corresponda adoptar. La protección de los oídos se combinará con la de la cabeza y la cara, por los medios previstos en este capítulo.

Para la **protección de las extremidades inferiores**, se proveerá al trabajador de zapatos, botines, o botas de seguridad adaptadas a los riesgos a prevenir. Cuando exista riesgo capaz de determinar traumatismos directos en los pies, los zapatos, botines, o botas de seguridad llevarán la puntera con refuerzos de acero. Si el riesgo es determinado por productos químicos o líquidos corrosivos, el calzado será confeccionado con elementos adecuados, especialmente la suela.

La **protección de los miembros superiores** se efectuará por medio de mitones, guantes y mangas, adaptadas a los riesgos a prevenir y que permitan adecuada movilidad de las extremidades.

Los **equipos protectores del aparato respiratorio** cumplirán lo siguiente: 1. Serán de tipo apropiado al riesgo. 2. Ajustarán completamente para evitar filtraciones. 3. Se vigilará su conservación y funcionamiento con la necesaria frecuencia y como mínimo una vez al mes. 4. Se limpiarán y desinfectarán después de su empleo, almacenándolos en compartimientos amplios y secos. 5. Las partes en contacto con la piel deberán ser de goma especialmente tratada o de material similar, para evitar la irritación de la epidermis. Los riesgos a prevenir del aparato respiratorio serán los originados por la contaminación del ambiente con gases, vapores, humos, nieblas, polvos, fibras y aerosoles. Los filtros mecánicos deberán cambiarse siempre que su uso dificulte la

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

respiración y los filtros químicos serán reemplazados después de cada uso y si no se llegaran a usar, a intervalos que no excedan de un año. Se emplearán equipos respiratorios con inyección de aire a presión, para aquellas tareas en que la contaminación ambiental no pueda ser evitada por otros métodos o exista déficit de oxígeno. El abastecimiento de aire se hará a la presión adecuada, vigilando cuidadosamente todo el circuito desde la fuente de abastecimiento de aire hasta el aparato respirador. Los aparatos respiradores serán desinfectados después de ser usados, verificando su correcto funcionamiento y la inexistencia de grietas o escapes en los tubos y válvulas. Sólo podrá utilizar estos aparatos, personal debidamente capacitado.

En todo **trabajo en altura**, con peligro de caídas, será obligatorio el uso de cinturones de seguridad. Estos cinturones cumplirán las recomendaciones técnicas vigentes e irán provistos de anillas por donde pasará la cuerda salvavida, las que no podrán estar sujetas por medio de remaches. Los cinturones de seguridad se revisarán siempre antes de su uso, desechando los que presenten cortes, grietas o demás modificaciones que comprometan su resistencia, calculada para el peso del cuerpo humano en caída libre con recorrido de 5 metros. Se verificará cuidadosamente el sistema de anclaje y su resistencia y la longitud de las cuerdas salvavidas será lo más corta posible, de acuerdo a la tarea a realizar.

Los trabajadores expuestos a sustancias tóxicas, irritantes o infectantes, estarán provistos de ropas de trabajo y elementos de protección personal adecuadas al riesgo a prevenir. Se cumplirá lo siguiente: 1. Serán de uso obligatorio con indicaciones concretas y claras sobre forma y tiempo de utilización. 2. Al abandonar el local en que sea obligatorio su uso, por cualquier motivo, el trabajador deberá quitarse toda ropa de trabajo y elemento de protección personal. 3. Se conservarán en buen estado y se lavarán con la frecuencia necesaria, según el riesgo. 4. Queda prohibido retirar estos elementos del establecimiento, debiéndoselos guardar en el lugar indicado.

Cuando exista riesgo de exposición a sustancias irritantes, tóxicas o infectantes, estará prohibido introducir, preparar o consumir alimentos, bebidas y tabaco.

15.14. Protección contra incendios

Se detalla a continuación parte del Capítulo 18 “Protección contra incendios”, según la Ley 19.587:

La protección contra incendios comprende el conjunto de condiciones de construcción, instalación y equipamiento que se deben observar tanto para los ambientes como para los edificios, aún para trabajos fuera de éstos y en la medida en que las tareas los requieran. Los objetivos por cumplir son:

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

1. Dificultar la iniciación de incendios
2. Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.
3. Asegurar la evacuación de las personas.
4. Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de Bomberos.
5. Proveer las instalaciones de detección y extinción.

En relación con la calidad de los materiales a utilizar, las características técnicas de las distintas protecciones, el dimensionamiento los métodos de cálculo, y los procedimientos para ensayos de laboratorio se tendrán en cuenta las normas y reglamentaciones vigentes y las dictadas o a dictarse por la Superintendencia de Bomberos de la Policía Federal (S.B.P.F.). En la ejecución de estructuras portantes y muros en general se emplearán materiales incombustibles. Todo elemento que ofrezca una determinada resistencia al fuego deberá ser soportado por otros de resistencia al fuego igual o mayor. La resistencia al fuego de un elemento estructural incluye la resistencia del revestimiento que lo protege y la del sistema constructivo del que forma parte. Toda estructura que haya experimentado los efectos de un incendio deberá ser objeto de una pericia técnica, a fin de comprobar la permanencia de sus condiciones de resistencia y estabilidad antes de procederse a la rehabilitación de la misma. Los equipos que consuman combustibles líquidos y gaseosos, tendrán dispositivos automáticos que aseguren la interrupción del suministro de fluido cuando se produzca alguna anomalía.

Las clases de fuegos se designarán con las letras A - B - C y D y son las siguientes:

1. Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros.
2. Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.
3. Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.
4. Clase D: Fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros. Se contemplará cada caso en particular.

En todos los casos deberá instalarse como mínimo un matafuego cada 200 metros cuadrados de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B. En aquellos casos de líquidos inflamables (clase B) que presenten una superficie mayor de 1 metro cuadrado, se dispondrá de matafuegos con potencial extintor determinado en base a una unidad extintora clase B por cada 0,1 metro cuadrado de superficie líquida inflamable, con relación al área de mayor riesgo, respetándose las distancias máximas señaladas precedentemente.

En la Figura 15.8 se adjunta una tabla de doble entrada en función a la clase de fuego y el tipo de matafuego que se debe utilizar.

CLASES DE FUEGOS		AGENTES EXTINTORES								
		AGUA	AFFF	CO2	POVO-ABC	POVO-BC	HECETES	POVO-D	AGUA VAPORIZADA	ACETATO DE POTASIO
A	Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón y otros).	SI Acción de enfriamiento.	SI Efecto químico.	NO No apaga fuegos profundos.	SI Si fluye sobre los elementos.	NO No es específico para este uso.	SI Absorbe el calor.	NO No es específico para este uso.	SI Absorbe el calor.	SI Absorbe el calor.
B	Líquidos inflamables (naftas, alcoholés, y otros).	NO Empiñe el combustible.	SI Separa por medio de película de espuma.	SI Separa por medio de película de espuma.	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.	NO No es específico para este uso.	NO No es específico para este uso.
C	Equipos energizados eléctricamente.	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.	NO Conduce la electricidad.
D	Materiales combustibles (aluminio, magnesio y otros).	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 riesgo.	NO No es específico para este uso.	NO No es específico para este uso.

AGENTES EXTINTORES: ■ SI ■ NO ES RECOMENDABLE ■ NO - PELIGRO

Figura 15.8: Clase de fuego y agentes extintores.

Fuente: Google imágenes.

Quedan prohibidos por su elevada toxicidad como agentes extintores: tetracloruro de carbono, bromuro de metilo o similares. No obstante, formulaciones o técnicas de aplicación de otros compuestos orgánicos halogenados que sean aceptables a criterio de la autoridad competente, podrán utilizarse.

Corresponderá al empleador incrementar la dotación de equipos manuales, cuando la magnitud del riesgo lo haga necesario, adicionando equipos de mayor capacidad según la clase de fuego, como ser motobombas, equipos semifijos y otros similares; como también la responsabilidad de adoptar un sistema fijo contra incendios con agente extintor que corresponda a la clase de fuego involucrada en función del riesgo a proteger.

El empleador tendrá la responsabilidad de formar unidades entrenadas en la lucha contra el fuego, también denominado “brigada de emergencia”. A tal efecto deberá capacitar a la totalidad o parte de su personal y el mismo será instruido en el manejo correcto de los distintos equipos contra incendios y se planificarán las medidas necesarias para el control de emergencias y evacuaciones. La intensidad del entrenamiento estará relacionada con los riesgos de cada lugar de trabajo.

Consideraciones sobre protección contra incendios

- ❖ Sistemas de red agua contra incendios.
- ❖ Sistemas de agua de reserva.
- ❖ Mangueras, hidrantes y monitores contra incendios.
- ❖ Extintores contra incendios.
- ❖ Alarmas de incendio.
- ❖ Parada de emergencia.

15.15. Parada de planta

Frente a una emergencia puede llegar a ser necesario la parada de planta. Para llevar a cabo este propósito es que todos los equipos de la planta tendrán dispositivos automáticos (apretando con el puño el interruptor “Parada de emergencia”) que aseguren la interrupción del suministro de fluido cuando se produzca alguna anomalía, la planta completa cesa su actividad en caso de que se inicie un incendio.

15.16. Servicio de medicina laboral

La peligrosidad de las sustancias que se manipulan en el proceso de producción de Fenol y Acetona, hace que sea indispensable contar con un Servicio de Medicina Laboral Interno, el cual garantiza las prestaciones mínimas y permite una acción inmediata en caso de emergencias y accidentes. Tal Servicio será desarrollado por profesionales médicos contratados por la empresa o en centros habilitados por la autoridad sanitaria. Dichos profesionales deberán cumplir con los requisitos de la especialidad laboral, además deberán justificar su condición con el registro que los habilita.

La empresa constará de una sala con un botiquín de primeros auxilios y se capacitará a los trabajadores sobre el manejo del mismo y cómo reaccionar ante los posibles accidentes relacionados con las sustancias que se manejan en la industria, además se dispondrá de un botiquín en cada sector de la planta.

Para accidentes de mayor envergadura la empresa recurrirá al servicio de una prestación médica externa.

15.17. Selección y capacitación del personal

Se detalla a continuación parte del Capítulo 20 “Selección y capacitación del personal”, según la Ley 19.587:

Selección de personal

La selección e ingreso de personal en relación con los riesgos de las respectivas tareas, operaciones y manualidades profesionales, deberá efectuarse por intermedio de los Servicios de Medicina, Higiene y Seguridad y otras dependencias relacionadas, que actuarán en forma conjunta y coordinada. El Servicio de Medicina del Trabajo extenderá, antes del ingreso, el certificado de aptitud en relación con la tarea a desempeñar. Las modificaciones de las exigencias y técnicas laborales darán lugar a un nuevo examen médico del trabajador para verificar si posee o no las aptitudes requeridas por las nuevas tareas. El trabajador o postulante estará obligado a someterse a los exámenes pre-ocupacionales y periódicos que disponga el servicio médico de la empresa.

Capacitación

Todo establecimiento estará obligado a capacitar a su personal en materia de higiene y seguridad, en prevención de enfermedades profesionales y de accidentes del trabajo, de acuerdo a las características y riesgos propios generales y específicos de las tareas que desempeña.

La capacitación del personal deberá efectuarse por medio de conferencias, cursos, seminarios, clases y se complementarán con material educativo gráfico, medios audiovisuales, avisos y carteles que indiquen medidas de Higiene y Seguridad. Recibirán capacitación en materia de Higiene y Seguridad y Medicina del Trabajo, todos los sectores del establecimiento en sus distintos niveles: 1. Nivel superior (dirección, gerencias y jefaturas). 2. Nivel intermedio (supervisión de línea y encargados). 3. Nivel operativo (trabajadores de producción y administrativos).

Todo establecimiento planificará en forma anual programas de capacitación para los distintos niveles, los cuales deberán ser presentados a la autoridad de aplicación, a su solicitud. Los planes anuales de capacitación serán programados y desarrollados por los Servicios de Medicina Higiene y Seguridad en el trabajo en las áreas de su competencia. Todo establecimiento deberá entregar, por escrito a su personal, las medidas preventivas tendientes a evitar las enfermedades profesionales y accidentes del trabajo.

15.17.1. Plan de emergencia y evacuación

Existirá en la planta un plan de emergencia de conocimiento general por la totalidad del personal, el cual será llevado a cabo en caso de que ocurra una emergencia.

En caso de una eventualidad tal, se deberá llamar desde cualquier teléfono de la planta habilitado para tal fin, citando la emergencia observada, lugar y nombre de quien habla. Los teléfonos estarán conectados con el departamento de higiene y seguridad, cuyos miembros deberán brindar rápidamente la asistencia necesaria; además desde estos teléfonos se podrán realizar llamadas de emergencia al exterior de la fábrica.

Ante tales circunstancias las personas deberán resguardarse en lugares seguros y a la espera de instrucciones. En ningún caso deberán acercarse al lugar del siniestro. Cuando las personas presentes en el predio escuchen tres toques prolongados de sirena, deberán dirigirse a la salida de emergencia más alejada del sector del siniestro.

El plan de evacuación incluirá lo siguiente:

- 1.Reconocimiento del sonido de la alarma.
- 2.Plano indicativo de salidas de principales y secundarias.
- 3.Designio de las personas encargadas de dar aviso a los bomberos.

4. Abandono total de las actividades y salida del recinto en forma segura, rápida y en silencio.

5. Dirigirse al punto de encuentro establecido fuera del edificio.

Se dispondrá de un plan alternativo, para el caso en que no se pudiera cumplir con el plan original.

Tanto para el cumplimiento del plan original como del alternativo, es que se llevarán a cabo simulacros de evacuación (incluidos en la capacitación de personal), de forma tal de asegurarse que el personal sepa cómo lograr una buena evacuación, ordenada y eficaz, cuando las circunstancias así lo requieran.

15.18. 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.

15.18.1. 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.

15.19. Manipulación de sustancias del proceso

En el ANEXO I, se detallarán, por orden alfabético, las fichas de datos de seguridad de todas las sustancias que se manipulan durante la producción de Fenol y Acetona, ya sea que se trate de materias primas, productos o subproductos, utilizando las Fichas Internacionales de Seguridad Química (ICSCs) provistas por International Labour Organization como también las fichas disponibles de Sigma-Aldrich.

Acetona

Ácido sulfúrico 98%

Alfa-metilestireno
Benceno
Cumeno
Cumilfenol
Diisopropilbenceno
Dimetil bencil alcohol
Fenol
Hidroperóxido de cumeno
Mezcla Propano-Propileno
Peróxido de dicumilo
Propano
Propileno

CAPÍTULO N°16:

ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

16. Organización industrial

16.1. Introducción

Una empresa se define como el conjunto de personas y bienes que actuando organizadamente persiguen un objetivo en común, ya sea la producción de bienes o servicios, con el fin de obtener un beneficio económico. Para lograr este objetivo es necesaria una estructura funcional que permita un desarrollo eficaz de las tareas que deben realizarse.

En el presente capítulo se define el tipo de sociedad comercial adoptado, se describen las diferentes áreas que integran la empresa, las funciones de cada puesto de trabajo y se elabora un organigrama donde se especifican los niveles de jerarquía dentro de la misma. Se detallan los turnos de trabajo y cómo se organiza la semana laboral correspondiente a los empleados.

16.2. Naturaleza jurídica

La forma o naturaleza jurídica, es la modalidad legal adoptada por una persona o grupo de personas para llevar a cabo una actividad empresarial, es la identidad legal de la empresa más allá de la identidad de quienes la integran.

Según la Ley de Sociedades Comerciales 19550 de la República Argentina, lo primero que debe determinarse al momento de establecer una empresa de alta envergadura es el tipo societario que se adoptará.

- ❖ Los aspectos a tener en cuenta para seleccionar el tipo de empresa son:
 - ❖ La dimensión de la industria, en base al nivel de producción.
 - ❖ La responsabilidad que asumen los socios, siempre es preferible un tipo social que no comprometa el patrimonio de los socios como son la S.R.L. y la S.A.
 - ❖ Los impuestos que deberán afrontar según a qué tipo de sociedad representen.
 - ❖ De acuerdo a la actividad que se lleve a cabo, disponen de sus respectivas medidas legales y reglamentarias.
 - ❖ El conocimiento de las virtudes y defectos del mercado en el que opera la sociedad.
- La forma jurídica adoptada para esta empresa es la de sociedad anónima, en donde la responsabilidad de cada socio o accionista es proporcional al capital que haya aportado. Esto hace que este tipo de sociedad represente una seguridad financiera bastante alta respecto de las demás, debido a que sus socios deben responder, como máximo, con el capital aportado. Para su conformación se requiere un mínimo de dos accionistas, siendo el máximo ilimitado. Las acciones pueden cotizar, o no, en el mercado de valores local.

Para el caso contemplado se decide optar por la sociedad anónima, cuyo capital se representa por acciones y los socios limitan su responsabilidad a la integración de las acciones suscriptas. Esto hace que este tipo de sociedad represente una seguridad financiera alta respecto de las demás, debido a que sus socios deberán responder, como máximo, con el capital aportado.

Para su conformación se requiere un mínimo de dos accionistas, siendo el máximo ilimitado. Las acciones pueden cotizar, o no, en el mercado de valores local. El directorio está conformado por uno o más miembros, que pueden ser o no accionistas.

Debe también subrayar, que la S.A. es el tipo societario que predomina en el mundo globalizado, es la sociedad capitalista por excelencia, y numerosas empresas prestigiosas internacionalmente, adoptan esta forma societaria.

16.3. Estructura organizativa

La estructura organizacional genera orden en una empresa identificando y clasificando las actividades de la empresa, agrupando en divisiones o departamentos, asignando autoridades para la toma de decisiones y seguimiento. Una adecuada estructura organizacional mejora la operación y productividad a través del orden, control y coordinación. Existen diferentes tipos de organizaciones, en algunas, los cargos directivos o responsables sobresaltan y en otras estos cargos superiores delegan funciones y responsabilidades a mandos intermedios. En la planta productora de fenol y acetona se decidió trabajar en base al modelo de organización jerárquica.

16.3.1. Organización jerárquica

Una organización jerárquica, también llamada estructura organizativa vertical está formada normalmente por un grupo singular y de poder en la parte superior con los niveles posteriores por debajo de ellos como se muestra en la Figura 14.1. La comunicación en este tipo de organizaciones se lleva a cabo en forma piramidal en ambas direcciones según corresponda. Los más cercanos a la parte superior tienen más responsabilidad que los más cercanos a la parte baja. Según página web “Lexington¹” algunas de las ventajas y desventajas que posee este tipo de estructura son:

Ventajas:

- ❖ **Autoridad:** esta estructura no deja lugar a dudas. A medida que se va estrechando la pirámide, los responsables de la empresa van apareciendo con sus funciones claras y bien definidas, y todo el personal de la organización conoce quién supervisa el trabajo de cada nivel y sobre quién recae la responsabilidad de las decisiones empresariales. En la cúspide, el gerente o máximo representante de la empresa responde por todos los empleados.
- ❖ **Especialización:** en organizaciones más grandes, es difícil que unas pocas personas puedan controlar todas las áreas en las que se ve implicada la compañía, por eso la estructura jerárquica de una empresa permite dividir el trabajo en grandes

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

departamentos en los que se vuelve a establecer la estructura piramidal para seguir aprovechando los beneficios de su orden.

- ❖ Promoción: los trabajadores que forman parte de la estructura jerárquica de una empresa saben perfectamente cuál es el siguiente rango a alcanzar en la organización, con lo que es más fácil mantener alta la motivación del personal.

Desventajas:

- ❖ Rigidez: adaptarse a nuevas necesidades puede ser un proceso lento en las empresas con estructuras jerárquicas. Y es que cuando todas las decisiones recaen sobre una persona o un equipo muy reducido, la agilidad se pierde. Esta rigidez hace que algunas medidas de cambio se demoren y puede provocar que la empresa quede marginada en el frenético mercado actual.
- ❖ Comunicación: dividir el trabajo en departamentos hace que la comunicación entre los miembros de la empresa no sea del todo fluida y provoca que las preocupaciones de unos sean ajenas a otros y, al contrario.
- ❖ Desunión: formar grandes departamentos con nuevas estructuras piramidales internas puede hacer que los trabajadores pierdan la conexión con la empresa y empiecen a trabajar buscando el éxito del propio departamento que, en ocasiones, puede no compartir las mismas metas de la organización.



16.4. Organización de la empresa

Siguiendo los lineamientos definidos en el punto 14.3, el organigrama representativo de los departamentos y personal involucrado adoptó la forma piramidal característica de una empresa con estructura jerárquica. El mismo, se presenta en la Figura 15.2 distribuyéndose en 7 departamentos estratégicos: producción, administración, calidad, RRHH, mantenimiento, seguridad e higiene y logística.

Los empleados de la empresa pertenecen a la industria química, por lo tanto, corresponden al convenio colectivo de la Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina (FATIQYP). El convenio colectivo utilizado es el CCT 564/09 de Químicos y Petroquímicos.

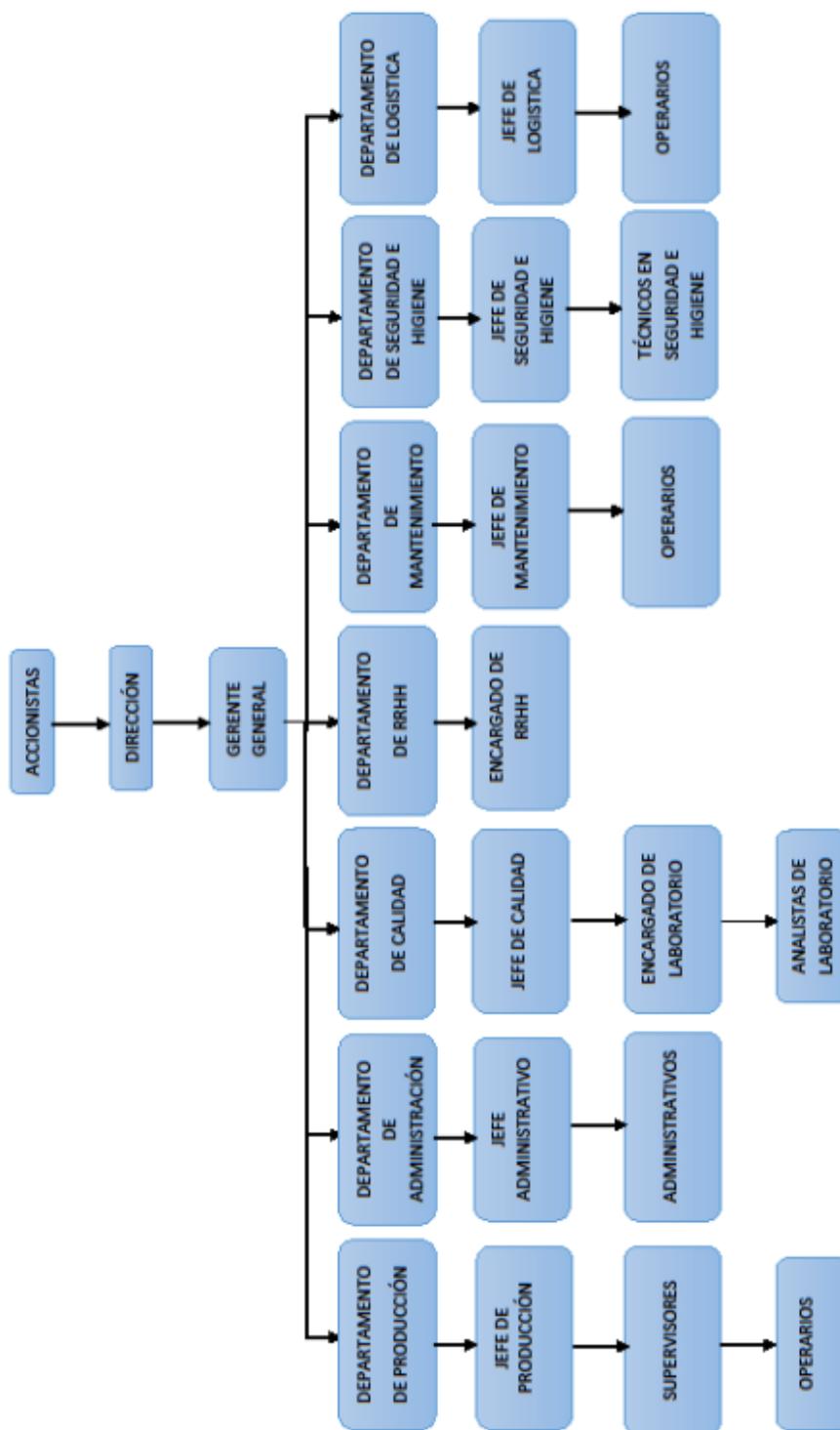


Figura 16.1: Organigrama empresarial.

Fuente: Elaboración propia

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 16.1: Personal involucrado por departamento.

Departamento	Puesto de trabajo	Grado de especialización	Cantidad de personal
Gerencia	Gerente general	Ingeniería química, industrial o afines	1
Producción	Jefe de producción	Ingeniería química, industrial o afines	1
	Supervisor de producción	Ingeniería química, industrial o afines	4
	Panelista	Ingeniería química o afines	4
	Operarios	Secundario completo	12
Administración	Jefe de administración	Lic. en administración de empresas, contador, lic. en economía	1
	Encargado de compras	Lic. en administración de empresas, contador, ingeniería industrial	1
	Encargado de ventas	Lic. en administración de empresas, ingeniería industrial, lic. en logística	1
	Encargado de pagos	Lic. en economía, contador, lic. en administración de empresas	1
	Contador	Contador, lic. en economía	1

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	Recepcionista	Secundario completo.	1
Calidad	Jefe de calidad	Ingeniería química o afines.	1
	Encargado de laboratorio	Ingeniería química o afines.	1
	Analista	Ingeniería química, técnica en química	4
Recursos Humanos	Encargado de RRHH	Lic. en recursos humanos, psicología	1
Mantenimiento	Jefe de mantenimiento	Ingeniería mecánica, electrónica, eléctrica, electromecánica	1
	Instrumentista	Ingeniería electrónica, eléctrica, electromecánica	1
	Mecánico	Secundario completo	4
	Electricista	Secundario completo	4
	Calderista	Secundario completo	4
Seguridad e higiene	Jefe de seguridad e higiene	Lic. en seguridad e higiene	1
	Técnicos en seguridad e higiene	Lic/técnica en seguridad e higiene	4
Logística	Jefe de logística	Lic. en logística	1
	Operarios	Secundario completo	16

Capital humano total:	70
-----------------------	----

Fuente: Elaboración propia.

16.5. Descripción de funciones por puesto

16.5.1. Gerente general

El gerente general es la máxima autoridad de la planta, es quien desarrolla y define los objetivos organizacionales, como así también planifica el crecimiento de la empresa a corto y largo plazo. Desempeña funciones empresariales y de gestión esenciales para la existencia de la empresa. Tiene la función de organizar, decretar las actividades y coordinarlas dentro de una estructura organizada. Debe representar legalmente a la empresa, decide sobre la ejecución de proyectos, dispone de la capacidad operativa, controla los costos y la rentabilidad, determina la política de calidad y recursos humanos. Además, ejerce supervisión directa sobre los gerentes departamentales y responsables de los sectores críticos de la organización, siendo el encargado de designarlos o removerlos cuando sea necesario.

16.5.2. Departamento de producción

Dentro de este departamento se encuentra el jefe de producción, supervisores, panelistas y operarios, cuyas actividades se describen a continuación:

Jefe de producción

- ❖ Es el responsable máximo de la conducción del área.
- ❖ Coordina la mano de obra, la organización de los materiales, las instalaciones, las herramientas, servicios y la entrega del producto terminado.
- ❖ Es de su total responsabilidad cumplir con los estándares de calidad, higiene y seguridad, con la finalidad de conseguir un producto acorde a las exigencias del mercado.

Supervisores

- ❖ Responde directamente al jefe de producción, e informa ante cualquier tipo de problema o desviación que pueda suceder.
- ❖ Es el encargado de la supervisión, ejecución y coordinación de las actividades de producción estableciendo prioridades y manejando efectivamente los recursos disponibles, asegurando de esta manera el cumplimiento de los planes establecidos por el jefe de producción.
- ❖ Inspecciona la calidad, características y el buen funcionamiento de todo lo que compone las distintas secciones, tales como cañerías, accesorios, válvulas, instrumentación, entre otros, para lograr que todo en la planta funcione correctamente.
- ❖ Garantiza que se cumplan con las etapas de instalación, de puesta en marcha y el mantenimiento preventivo de los equipos.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ Supervisa a los operarios, a los cuales debe impartir ordenes claras y precisas, favoreciendo el buen clima laboral y motivándolos para que realicen su tarea correctamente.

Panelistas

- ❖ Control de operaciones en modo automático y remoto desde la sala de control.
- ❖ Arranque y parada de planta en modo normal, emergencias o pruebas.
- ❖ Vigilancia de parámetros de operación e identificación de estado crítico de alarmas de los sistemas en operación.

Operarios de campo

- ❖ Asegurar el manejo y correcto desempeño de los equipos que tienen a su cargo.
- ❖ Cumplir con las tareas que le son asignadas con las normas establecidas por sus superiores, además de asegurar una correcta limpieza de su zona de trabajo y controlar las distintas variables puestas en juego en el proceso, permitiendo que la planta logre un correcto accionar.
- ❖ 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.

16.5.3. Departamento de administración

Se encarga de la planificación, dirección y medición de los resultados de las operaciones monetarias de la empresa. Además, abarca todo lo relacionado a la contabilidad, costos, cobros, pagos, balances, créditos, presupuestos, entre otros. Es el encargado de evaluar continuamente el estado económico financiero de la empresa, manteniendo informada a la gerencia. Dentro de este departamento se encuentra el jefe administrativo, el responsable de recursos humanos y personal administrativo, cuyas actividades se describen a continuación:

Jefe de administración

- ❖ Su función principal es controlar, coordinar y supervisar que se realicen todos los procedimientos contables y administrativos que comprendan al funcionamiento interno de la organización.
- ❖ Lleva a cabo la ejecución de inscripciones y trámites ante organismos oficiales.
- ❖ Realiza la evaluación crediticia de clientes.
- ❖ Comprende el planeamiento para comercializar el producto en el lugar, cantidad, tiempo y precios adecuados.
- ❖ Determina las políticas de presupuestos y ventas. Involucra, además, los procesos de compra y recepción de materia prima.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ Garantiza el cumplimiento de los objetivos de ventas del producto elaborado, cumpliendo las políticas de la empresa.
- ❖ Verifica el abastecimiento en tiempo y forma según el plan de producción.
- ❖ Trabaja en conjunto con el área legal de la planta en lo que se refiera a la redacción de contratos y órdenes de compra.

Personal administrativo

- ❖ Es el personal encargado de la atención al público en general, y de ayudar a llevar a cabo las tareas de administración de forma correcta y segura.
- ❖ Realizan altas y actualizaciones de cuentas de proveedores y clientes, inscripciones y trámites ante organismos oficiales, evaluación crediticia de clientes.

16.5.4. Departamento de calidad

Es el área que tiene como objetivo principal el control, para evitar que los productos defectuosos lleguen a los clientes, y que tanto el proceso como los productos cumplan con los requisitos internos y externos, asegurando resultados consistentes. Se ocupa de asegurar el cumplimiento de los objetivos que se han planteado en las etapas previas dentro de los plazos previstos y con los recursos que han sido asignados. Dentro de este departamento se encuentra el jefe de calidad, el encargado de laboratorio y analistas, cuyas actividades se describen a continuación:

Jefe de calidad

- ❖ Se encarga de hacer cumplir las especificaciones impuestas del producto.
- ❖ Comprende todo lo referido a las funciones de desarrollo de métodos de control, la inspección de los ensayos que se lleven a cabo, los reclamos de clientes y la recuperación de materiales rechazados o fuera de uso.
- ❖ Es el encargado de desarrollar e implementar procedimientos internos y de certificación de normas, para lo cual debe trabajar juntamente con las áreas vinculadas a esto.
- ❖ Controla que las variables de proceso estén dentro de lo previsto, en caso contrario reporta al jefe de producción.
- ❖ Debe garantizar que se estén utilizando las materias primas adecuadas.
- ❖ Debe tener registro de todos los procedimientos realizados y de los controles fisicoquímicos que se hagan a materias primas, productos intermedios y productos terminados.
- ❖ Solicita la toma de muestras en campo y analiza sus resultados para verificar desvíos en las condiciones de proceso.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ Administra la documentación técnica manteniéndola constantemente actualizada, en especial aquella que este en la base de datos del laboratorio.
- ❖ Controla el despacho del producto terminado.

Encargado de laboratorio

- ❖ Controla los análisis que desarrollan los analistas y realiza stock de insumos generales del laboratorio.
- ❖ Presenta semanalmente un informe al jefe de calidad con los resultados de los análisis realizados.
- ❖ Mantiene la seguridad, el orden y la limpieza del laboratorio.

Analistas

- ❖ Realizan los controles de materias primas, productos terminados, corrientes de procesos y equipos.
- ❖ Mantienen el orden y la limpieza del laboratorio.
- ❖ Toman de muestras que se corresponden con el plan de calidad definido.

16.5.5. Departamento de recursos humanos

Se encarga de organizar, planificar y administrar las distintas tareas y acciones relacionadas con las personas que integran la compañía. También es tarea indispensable de este departamento la contratación de personal.

Encargado de RRHH

- ❖ Se encarga de organizar el personal, esto consiste en planificar las plantillas de acuerdo con la organización de la empresa, diseñar los puestos de trabajo oportunos, definir funciones y responsabilidades, prever las necesidades de personal a medio y largo plazo, analizar los sistemas retributivos y de promoción interna.
- ❖ Se encarga del reclutamiento cuando es necesario, a partir de un conjunto de procedimientos encaminados a atraer candidatos competentes para un puesto de trabajo a la empresa.
- ❖ Desde recursos humanos han de controlarse aspectos como el absentismo, las horas extraordinarias, los movimientos de plantilla, la pirámide edad o las relaciones laborales, además de corregir los desajustes entre las competencias del trabajador y las exigidas por el puesto.
- ❖ Evalúa el desempeño y control del personal.

16.5.6. Departamento de mantenimiento

Se encarga de proporcionar, oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la empresa en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones. Dentro de este

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

departamento se encuentra el jefe de mantenimiento y operarios, cuyas actividades se describen a continuación:

Jefe de mantenimiento

- ❖ Es el encargado de la supervisión, mantenimiento y reparación de las instalaciones y equipos.
- ❖ Planifica los tiempos de mantenimiento y los pedidos de repuestos.
- ❖ Coordina el mantenimiento preventivo con el sistema de producción.
- ❖ Controla la correcta ejecución de las tareas de montaje tales como soldaduras, conexiones, fijación, soportes, etc.
- ❖ Examina las especificaciones técnicas del equipamiento que se va adquirir, colaborando ante una toma de decisión en la compra del mismo.
- ❖ Garantiza que se cumpla con las condiciones de instalación y puesta en marcha.
- ❖ Verifica la calidad técnica de los trabajos que se ejecuten y de las personas que los lleven a cabo.

Operarios

- ❖ Encargados de ejecutar el plan de mantenimiento definido por el jefe de mantenimiento.
- ❖ Reparación física de cualquier avería en equipos, instalaciones, o aparatos en general.
- ❖ Llevar a cabo revisiones periódicas de mantenimiento.

16.5.7. Departamento de seguridad e higiene

Dicho departamento está encargado de regular, aplicar, y hacer cumplir todos los reglamentos avocados a las normativas de seguridad e higiene en la fábrica. Dentro de este departamento se encuentra el jefe de seguridad e higiene y los técnicos, cuyas actividades se describen a continuación:

Jefe de seguridad e higiene

- ❖ Dirige los programas de capacitación en materia de seguridad industrial e higiene ocupacional.
- ❖ Se encarga de controlar las emisiones al ambiente y los posibles focos de contaminación que pueden ser provocados en la industria.
- ❖ Elaborará el programa de seguridad en todas sus fases: planeación, ejecución y control.
- ❖ Integra en el programa de aseguramiento las siguientes áreas: prevención de accidentes, prevención de siniestros, control de pérdidas, higiene ergonómica e industrial, medicina ocupacional y control ambiental.
- ❖ Diseña y recomienda estrategias de control y evalúa su eficacia.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofía; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ Conoce 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.

Técnicos en seguridad e higiene

- ❖ Recorren toda la planta durante su horario de trabajo, controlando el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad y el uso de elementos de protección personal e informando a su superior.
- ❖ Identifican agentes potenciales de peligro en las distintas áreas de trabajo (agentes físicos, agentes químicos, agentes biológicos y agentes ergonómicos) y los informan a su superior, para así juntos buscar una posible solución.
- ❖ Brindan al personal la indumentaria y los elementos de protección personal que les sean solicitados, llevando un registro por escrito de la entrega de los mismos y del stock.

16.5.8. Departamento de logística

Este departamento se encarga de la obtención y coordinación de los materiales, herramientas y servicios, transporte de productos y materia prima. Se encarga de planificar, desarrollar y aplicar procedimientos de almacenaje y transporte. Dentro de este departamento se encuentra el jefe de logística y los operarios, cuyas actividades se describen a continuación:

Jefe de logística

- ❖ Planificar la estrategia para las actividades de suministro de la empresa (transporte, almacenaje, distribución) con el fin de garantizar la satisfacción del cliente.
- ❖ Desarrollar y aplicar procedimientos operativos para recibir, manejar, almacenar y enviar mercancías y materiales.
- ❖ Trabaja junto con el área administrativa de la planta en la redacción de órdenes de compra.
- ❖ Gestiona el abastecimiento de materiales menores: ropa de trabajo, repuestos para maquinarias, entre otros.
- ❖ Realiza mensualmente el stock de la planta, coordinando información con otros sectores.

Operarios de logística

- ❖ Carga de producto, ya sea fenol o acetona, en las cisternas correspondientes.
- ❖ Descarga de la materia prima y los insumos necesarios para el proceso en los tanques correspondientes.
- ❖ Organización del depósito y control de stock.
- ❖ Hacer los movimientos necesarios que solicitados desde el departamento de producción.

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

16.6. Organización de la producción y turnos de trabajo

La planta de fenol y acetona a partir de benceno y propileno funciona 335 días al año, realizando una parada de 30 días para un mantenimiento general. Al tratarse de una producción continua, ciertos puestos deben contar con empleados 24 horas, por esta razón, se decidió adoptar horarios rotativos (HR) formados por 3 turnos de 8 horas cada uno, como puede visualizarse en la Tabla 16.2.

Tabla 16.2: Horarios de turnos rotativos.

Turno	Horario laboral
Mañana	6:00 a 14:00 hs
Tarde	14:00 a 22:00 hs
Noche	22:00 a 06:00 hs
Franco	

Fuente: Elaboración propia.

El régimen de distribución de turnos para el capital humano de los departamentos de producción y mantenimiento según cuatro grupos de trabajo (1,2, 3 y 4) diferenciados por colores como indica la Tabla 16.3, cada uno de los cuales cumplen con el formato de trabajo 7-2, 7-2 y 7-3 siendo 2, 2 y 3 los días de franco.

Tabla 16.3: Asignación de colores por turno.

Grupo	Color asignado
1	Rojo
2	Amarillo
3	Púrpura
4	Cian

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.4: Distribución de turnos.

SEMANA	TURNO	L	M	M	J	V	S	D
1	MAÑANA	1	1	1	1	2	2	2
	TARDE	2	2	3	3	3	3	3
	NOCHE	4	4	4	4	4	4	4
	FRANCO	3	3	2	2	1	1	1
2	MAÑANA	2	2	2	2	3	3	3
	TARDE	3	3	4	4	4	4	4
	NOCHE	1	1	1	1	1	1	1
	FRANCO	4	4	3	3	2	2	2
3	MAÑANA	3	3	3	3	4	4	4
	TARDE	4	4	1	1	1	1	1

Avaro, Valentin; Bruno, Sofía; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

	NOCHE	2	2	2	2	2	2	2
	FRANCO	1	1	4	4	3	3	3
4	MAÑANA	4	4	4	4	1	1	1
	TARDE	1	1	2	2	2	2	2
	NOCHE	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la jefatura de cada uno de los departamentos y otros puestos específicos, se manejan con un horario que se define como horario central (HC) el cual inicia a las 08:00 hs hasta las 17:00 hs, teniendo 1 hora de almuerzo, de lunes a viernes. Existe además otro horario en la industria, el cual es para los operarios de logística, adaptándose a la ley de circulación vial 24.449, por lo que trabajan en turno mañana (lunes a sábado) y turno tarde (lunes a viernes). Este horario se denominó como horario de carga y descarga (HCyD).

CAPÍTULO 17:

ESTUDIO ECONÓMICO- FINANCIERO

17. Estudio económico-financiero

17.1. Introducción

La evaluación económica financiera es un método de análisis que permite conocer la viabilidad concreta de un proyecto a lo largo de un período determinado y su rentabilidad real en el mediano y largo plazo. Al concretar un proyecto debe invertirse un capital significativo, que se espera recuperar junto con ganancias propias de la actividad. El rendimiento de este debe ser sustancial, de lo contrario sería más sencillo invertir en otras opciones menos riesgosas del mercado.

Habiendo concluido el estudio técnico y teniendo en cuenta que existe un mercado potencial a abastecer, además de que no existen impedimentos tecnológicos para llevar a cabo el proyecto, se efectúa un análisis económico-financiero con el fin de analizar y evaluar el proyecto antes de concluir con la concepción de este. Esta sección pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización de este, como así también cual será el costo total de la operación de la planta. A continuación, se mencionan los objetivos propuestos:

- ❖ Estimar la inversión para conocer el valor del crédito a solicitar a partir de los activos fijos, nominales y capital de trabajo.
- ❖ Estimar los ingresos anuales por venta del fenol, acetona y los subproductos alfa metilestireno, y diisopropilbenceno.
- ❖ Calcular y analizar los costos fijos y variables, entre los que se encuentran factores determinantes para la producción, como son: costos de materias primas e insumos, mano de obra, servicios, financieros, entre otros.
- ❖ Deducir el punto de equilibrio, que determina la capacidad para la cual la empresa comienza a obtener ganancias.
- ❖ Determinar el estado de resultados que permite conocer si la empresa luego de cancelar los costos totales e impuestos obtiene utilidades netas positivas.
- ❖ Utilizar como indicadores principales el valor actual neto (VAN), la tasa interna de recuperación (TIR), el período de recupero de la inversión (PRI) y los análisis de sensibilidad correspondientes (AS).
- ❖ Determinar la viabilidad del proyecto en base al análisis de los objetivos planteados anteriormente.
- ❖ Redactar conclusiones y brindar sugerencias para los aspectos más débiles del proyecto.

El proyecto se evalúa en un período de 20 años y todos los montos de dinero están expresados en dólares estadounidenses (USD), utilizando una relación de cambio respecto al dólar de 838,18 \$/USD, a la fecha 16/12/2023.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

17.2. Inversión

Se entiende como inversión al capital necesario para hacer frente al proyecto, el cual está compuesto por activos fijos, activos nominales y capital de trabajo. Se necesita calcular el monto total de la inversión a realizar.

17.2.1. Activos fijos

Se denominan activos fijos a aquellos bienes que son de naturaleza permanente en el período de actividad de la compañía, ya que se consideran indispensables para el normal desarrollo de la misma. Esto supone que no serán vendidos ni desechados en el corto plazo.

Los activos fijos incluyen las instalaciones civiles, equipos industriales y adicionales, bombas, tuberías, accesorios y los mobiliarios necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto en el período establecido. A efectos contables están sujetos a depreciación, debido a que estos pierden su valor por el desgaste provocado a causa del uso.

En la determinación de los costos de estos activos se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- ❖ La cotización del dólar a la fecha 16/12/2023 del Banco de la Nación Argentina fue de \$838,18.
- ❖ Se trabaja con valor dólar estadounidense.
- ❖ De acuerdo a la ley de IVA (Ley Nacional 23.349), los artículos producidos en el país perciben el 21% de impuesto al valor agregado, pero los bienes de capital están gravados con un 10,5%.
- ❖ En la estimación del costo de flete, se supone un valor del 1%.

Terreno y obras civiles

En este apartado se detallan aquellas cuestiones inherentes a la infraestructura de la planta y su terreno. La planta de producción de fenol y acetona se encuentra ubicada en la localidad de Ensenada, provincia de Buenos Aires, razón por la cual se toman los costos de terreno establecidos en los boletines digitales del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires. Los montos se resumen en la Tabla 17.1.

Tabla 17.1: Estimación de costos de terreno y obras civiles.

Rubro	Superficie (m ²)	Costo unitario (USD/m ²)	Total (USD)
Terreno	20.073,02	52	1.043.798
Sección 100	576	500	288.000
Sección 200	595	500	297.500
Sección 300	595	500	297.500

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Portería	18	1000	18.000
Estacionamiento	270	500	135.000
Baños administración	29	1000	29.000
Baños y vestuarios	42	1000	42.000
Cocina y comedor	23	1000	23.000
Sala de control	18	800	14.400
Oficinas	250	1000	250.000
Laboratorio	23	1000	23.000
Talleres	76,60	800	61.280
Playa de tanques	2.380	500	1.190.000
Sala de calderas	98,60	800	78.880
Servicios auxiliares	15,70	800	12.560
Balanza	80	1000	80.000
Carga y descarga	1.125	300	337.500
Cerco perimetral	546,90	1000	546.900
Pavimentos internos	6.021,90	250	1.505.475
	Cantidad	Costo unitario (USD)	Total (USD)
Instalaciones eléctricas	1	25.000	25.000
Total sin IVA			2.991.875

Fuente: Elaboración propia.

Equipos industriales, auxiliares y accesorios

En esta sección se especifican los bienes de capital relacionados directamente a la producción del fenol y acetona, donde se incluyen a los equipos principales, bombas, tuberías con sus accesorios y elementos necesarios para el control automático del proceso. Se considera el costo del flete del 1% en base al costo total del equipo, en cuanto al IVA se establece el 10,5% para los equipos, ya que son bienes de capital, y el 21% para su transporte. En la Tabla 17.2 se resumen los valores.

Tabla 17.2: Equipos industriales, auxiliares y accesorios.

Denominación Técnica	Cantidad	Precio unitario (USD/u)	Costo total (USD)	Flete y gastos de compra	Costo total puesto en fábrica
TK-01	4	146.703	586.812	5.868	592.680

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

TK-02	4	146.703	586.812	5.868	592.680
TK-03	4	141.683	566.732	5.667	572.399
TK-04	4	136.530	546.120	5.461	551.581
TK-05	1	3.449	3.449	34	3.483
TK-06	1	2.608	2.608	26	2.634
TK-07	1	9.945	9.945	99	10.044
TK-08	1	1.952	1.952	20	1.972
TK-09	1	4.096	4.096	41	4.137
TK-10	1	6.827	6.827	68	6.895
E-101	1	47.912	47.912	479	48.391
R-101	1	120.000	120.000	1.200	121.200
EX-101	1	510	510	5	515
F-101	1	9.629	9.629	96	9.725
E-102	1	50.000	50.000	500	50.500
E-103	1	30.000	30.000	300	30.300
F-102	1	12.752	12.752	128	12.880
C-101	1	300.000	300.000	3.000	300.300
CC-101	1	46.772	46.772	468	47.240
RC-101	1	44.794	44.794	448	45.242
C-102	1	250.000	250.000	2.500	252.500
CC-102	1	24.981	24.981	250	25.231
RC-102	1	44.813	44.813	448	45.261
E-201	1	34.356	34.356	344	34.700
R-201	1	120.000	120.000	1.200	121.200
E-202	1	16.029	16.029	160	16.189
F-202	1	21.907	21.907	219	22.126
R-202	1	120.000	120.000	1.200	121.200
E-203	1	25.000	25.000	250	25.250
F-203	1	21.700	21.700	217	21.917
R-203	1	40.872	40.872	409	41.281
E-204	1	25.000	25.000	250	25.250
F-204	1	21.611	21.611	216	21.827
K-201	1	95.360	95.360	954	96.314
E-205	1	49.382	49.382	494	49.876
F-201	1	21.907	21.907	219	22.126

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

F-205	1	20.864	20.864	209	21.073
C-201	1	271.918	271.918	2.719	274.637
CC-201	1	62.892	62.892	629	63.521
RC-201	1	44.813	44.813	448	45.261
E-206	1	79.622	79.622	796	80.418
E-207	1	25.000	25.000	250	25.250
EX-201	1	510	510	5	515
V-201	1	8.349	8.349	83	8.432
R-301	1	100.000	100.000	1.000	101.000
E-301	1	25.000	25.000	250	25.250
C-301	1	500.000	500.000	5.000	505.000
CC-301	1	51.239	51.239	512	51.751
RC-301	1	42.885	42.885	429	43.314
C-302	1	77.188	77.188	772	77.960
CC-302	1	44.990	44.990	450	45.440
RC-302	1	5.070	5.070	51	5.121
C-303	1	250.000	250.000	2.500	252.500
CC-303	1	26.230	26.230	262	26.492
RC-303	1	25.000	25.000	250	25.250
C-304	1	500.000	500.000	5.000	505.000
CC-304	1	42.142	42.142	421	42.563
RC-304	1	25.000	25.000	250	25.250
Caldera MP	2	250.000	500.000	5.000	505.000
Torres de enfriamiento	3	120.000	360.000	3.600	363.600
Bomba CP158	8	318	2.544	25	2.569
Bomba MSVA-8/15	1	6.658	6.658	67	6.725
Bomba MSVA-3/5.5	2	3.397	6.794	68	6.862
Bomba CP-200	1	501	501	5	506
Bomba CP-152	8	305	2.440	24	2.464
Bomba CP-300	3	512	1.536	15	1.551
Bomba CP-400	1	958	958	10	968
Bomba CP-550	7	1.002	7.014	70	7.084
Bomba CST-550/4	1	1.548	1.548	15	1.563
Bomba pistón	6	1.035	6.210	62	6.272

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Antorcha	1	42.061	42.061	421	42.482
Filtro	1	152.905	152.905	1.529	154.434
Bomba	3	798	2.394	24	2.418
Accesorios y cañerías	2% equipos	144.658	144.658	1.447	146.105
Total Equipos sin flete (USD)					7.232.915
Total fletes y gastos de compra (USD)					73.776
Total puesto en fábrica (USD)					7.451.349
Total IVA (USD)					782.392

Fuente: Elaboración propia.

Muebles y útiles

Se tienen en cuenta los elementos que no se encuentran involucrados directamente con la producción, pero son necesarios para efectuar las actividades cotidianas y administrativas, además de generar las condiciones adecuadas para el trabajo. A modo de ejemplo, se tiene: escritorios, sillas de escritorio, computadoras, mesas, microondas, aires acondicionados, armarios, impresora, etc.; los cuales se engloban en un único monto total, tal como se puede observar en la Tabla 17.3.

Resumen de activos fijos

En la tabla se adjunta el resumen de inversión en activos fijos junto con el gráfico donde se aprecian los porcentajes que ocupa cada uno.

Tabla 17.3: Resumen de activos fijos.

Activos Fijos	Monto (USD)	Porcentaje (%)
Infraestructura	2.263.120	16,48
Instalaciones industriales y auxiliares	2.991.875	21,78
Muebles y útiles	20.000	0,15
Transporte de equipos	73.776	0,54
Terreno	1.043.798	7,60
Equipos Nuevos	7.232.915	52,66
Rodados	100.000	0,73
Otros gastos e imprevistos	10.000	0,07
Total (USD)	13.735.483	100

Fuente: Elaboración propia.

17.2.2. Activos nominales

Son el conjunto de bienes inmateriales, representados en derechos, privilegios o ventajas de competencia, que contribuyen a un aumento en ingresos o utilidades por medio de su empleo

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

en el curso normal de los negocios. Son inversiones que se realizan previo a la puesta en marcha del proyecto, las cuales no se recuperan, pero deben ser amortizadas durante el período correspondiente. Para el cálculo de estos se tuvieron las siguientes consideraciones:

- ❖ 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. Se considera que el costo por capacitación es del 1% con respecto al total de inversiones fijas.
- ❖ 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.
- ❖ Para particularidades como ingeniería de proyecto se considera un 5% respecto al total de inversiones fijas, mientras que un 20% para montaje e instalación, 6% automatización, imprevistos 2% e investigaciones, estudios de ingeniería 5%, y un 20% para gastos de puesta en marcha, respectivamente.
- ❖ Seguros e impuestos: para luego calcular la inversión es necesario sumar el valor fijo de seguro e impuestos iniciales. Este tipo de costos se considera el 1% del total de activos fijos.

En la Tabla 17.4 se detallan los montos sin IVA.

Tabla 17.4: Activos nominales.

Rubros asimilables	Estimador (%)	Base de cálculo (USD)	Importe (USD)
Automatización	6	10.224.790	613.487
Montaje e instalación de equipos	20	10.224.790	2.044.958
Ingeniería de proyecto	5	13.735.483	686.774
Investigaciones y estudios de ingeniería	5	12.487.910	624.395
Gastos de capacitación	1	12.487.910	124.879
Gastos de puesta en marcha	20	70.378	14.076
Seguros e impuestos	1	13.735.483	137.355

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Otros e imprevistos	2	13.735.483	274.710
Total	60	86.702.227	4.520.634

Fuente: Elaboración propia.

17.2.3. Capital de trabajo

Desde el punto de vista práctico, el capital de trabajo está representado por el capital adicional (distinto de la inversión en activo fijo y nominal) con que hay que contar para que empiece a funcionar una empresa. Esto significa que hay que financiar la primera producción antes de recibir ingresos, entonces, debe comprarse materia prima, pagar mano de obra directa que la transforme, otorgar crédito en las primeras ventas y contar con cierta cantidad en efectivo para los gastos diarios de la empresa.

Una vez puesta en marcha la planta, se debe contar con un capital inicial para poder comenzar la producción, que corresponde al primer mes. En la Tabla 17.5 se resumen los montos.

Tabla 17.5: Capital de trabajo.

Categoría	Monto (USD)	Porcentaje (%)
Servicios	1.877.260	5,82
Mano de obra directa	413.742	1,28
Mano de obra indirecta	411.158	0,13
Materia prima	29.881.503	92,71
Total capital de trabajo	32.230.468	100

Fuente: Elaboración propia.

17.2.4. Inversión total del proyecto

Conociendo los montos individuales de los activos fijos, nominales y capital de trabajo, se realiza la suma de estos con la finalidad de conocer el costo total de la inversión. En la Tabla 17.6 se puede observar el total a financiar. El capital se va a obtener a través de financiación externa.

Tabla 17.6: Inversión total del proyecto.

Categoría	Costos (USD)
Total inversiones fijas (activos fijos + activos nominales), sumando IVAs	21.330.446
Capital de trabajo	4.304.434
Total de la inversión del proyecto	25.634.880

Fuente: Elaboración propia.

17.3. Ingreso por ventas

Los ingresos por ventas se definen como la cantidad de dinero que la empresa percibe en concepto de venta de producción, siendo estos ingresos debido a la venta, principalmente, de

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

los productos finales, como lo son el fenol, la acetona y y los subproductos alfa metilestireno (AMS), y diisopropilbenceno (DIPB).

Los siguientes precios fueron tomados del INDEC – COMEX:

- ❖ fenol: 1,63 USD por kilogramo;
- ❖ acetona: 1,22 USD por kilogramo;
- ❖ AMS: 2,01 USD por kilogramo;
- ❖ DIPB: 1,28 USD por kilogramo

La capacidad productiva de la planta en el año 10 es de 19.900 toneladas para el fenol, 12.281,29 toneladas para acetona. Para el proceso de producción se considera que la industria opera durante las 24 horas del día durante 335 días del año. Con estos datos es posible realizar una estimación de las ventas que se pueden observar en la Tabla 17.7.

Tabla 17.7: Ingreso por ventas.

Año	Cantidad (t)				Ingreso por ventas (USD)			
	Fenol	Acetona	AMS	DIPB	Fenol	Acetona	AMS	DIPB
1	14.792	9.129	213	60	24.096.320	11.111.478	444.633	77.256
2	15.313	9.450	220	62	24.945.261	11.502.948	460.298	79.978
3	15.834	9.772	228	65	25.794.203	11.894.419	475.963	82.700
4	16.355	10.094	235	67	26.643.145	12.285.889	491.628	85.421
5	16.876	10.415	243	69	27.492.086	12.677.359	507.293	88.143
6	17.397	10.737	250	71	28.341.028	13.068.830	522.958	90.865
7	17.919	11.058	258	73	29.189.970	13.460.300	538.623	93.587
8	18.440	11.380	265	75	30.038.911	13.851.771	554.288	96.309
9	18.961	11.702	273	77	30.887.853	14.243.241	569.953	99.030
10	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
11	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
12	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
13	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
14	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
15	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
16	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
17	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
18	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
19	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936
20	19.900	12.281,29	286,22	81,20	32.417.896	14.948.786	598.185	103.936

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Fuente: Elaboración propia.

17.4. Costos de producción

El sostenimiento de la actividad de una empresa genera un conjunto de costos, denominados costos de producción. Estos son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento para fabricar un bien o generar un servicio. Pueden dividirse en dos grandes categorías:

- ❖ Costos variables o directos: son proporcionales a la producción.
- ❖ Costos fijos o indirectos: son independientes de la producción.

17.4.1. Costos variables o directos

Materias primas e insumos

Las materias primas representan un porcentaje significativo de los costos variables de producción debido a la gran cantidad que se necesita, las cuales se obtienen de proveedores nacionales ubicados en las cercanías de la planta. En la Tabla 17.8 se aprecian estos costos para el primer año del proyecto.

Tabla 17.8: Costos de materias primas e insumos.

Materia Prima	Cantidad requerida (t)	Precio unitario sin IVA (USD/t)	Costo total (USD)
Benceno	15.088	898	13.955.092
Propano - Propileno	14.940	1.035,00	15.926.411
Total materia prima			29.881.503
Insumo	Cantidad requerida (t)	Precio unitario sin IVA (USD/t)	Costo total (USD)
Zeolita	2,66	1.973,85	5.353
Ácido sulfúrico al 98%	123,55	88,58	11.491
Total insumos			16.845

Fuente: Elaboración propia.

Servicios

Para el caso de los servicios agua, gas natural y electricidad se los considera como vinculados directamente al proceso. Para el caso del agua, se considera sin costo alguno ya que el abastecimiento dentro del Parque Industrial Ensenada se realiza por medio de una perforación por cada parcela. Por lo tanto, en la Tabla 17.9 se muestra el consumo máximo anual y costo total de los mismos.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Tabla 17.9: Costo de servicios.

Servicio	Consumo anual	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
Gas natural (m ³)	4.637.364	0,20	947.272,80
Energía eléctrica (kWh)	4.649.934	0,20	929.986,80
Total servicios			1.877.260

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra directa

La mano de obra directa incluye aquellas personas que trabajan en relación inmediata con la producción. El importe que se paga por hora se determina en base a la escala FATIQYP 2022 – 2023 CCT 77/89 de la Federación Argentina de Trabajadores Químicos y Petroquímicos (FATIQYP), el cual se observa en la Tabla 17.10. El valor del costo total anual de mano de obra directa incluye las cargas sociales, consideradas como un 45% del gasto nominal. Las horas de trabajo anual resultan ser un total de 8.040.

Tabla 17.10: Costo de mano de obra directa.

Sector	Cargo	Cantidad personal	Jornal por hora	Jornal anual	Aguinaldo	Carga social (USD)	Costo anual (USD)
Producción	Encargado /jefe turno	4	1,985	63.837,60	5.319,80	31.120,83	100.278,23
Producción	Panelista	4	1,735	55.797,60	4.649,80	27.201,33	87.648,73
Producción	Operario	12	1,49	143.755,20	11.979,60	70.080,66	225.815,46
Total mano de obra directa							413.742,42

Fuente: Elaboración propia.

17.4.2. Costos fijos o indirectos Mano de obra indirecta

Hace referencia al personal que realiza tareas complementarias que no afectan directamente a la producción pero que, sin embargo, son imprescindibles para la actividad económica de la empresa. Se emplea el mismo convenio colectivo que para la mano de obra directa. Los costos se encuentran detallados en la Tabla 17.11.

Tabla 17.11: Costo de mano de obra indirecta.

Área/Sector	Cargo	Cantidad personal	Jornal mensual	Jornal anual	Aguinaldo	Carga social (USD)	Costo anual (USD)
Producción	Mecánico/ electricista	12	332,915	47.939,76	3.994,98	23.370,63	75.305,37
Producción	Calderista	4	332,915	15.979,92	1.331,66	7.790,21	25.101,79

Avaro, Valentín; Bruno, Sofía; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Higiene y seguridad	Técnicos	4	332,915	15.979,92	1.331,66	7.790,21	25.101,79
Logística	Operarios	16	332,915	63.919,68	5.326,64	31.160,84	100.407,16
Calidad	Encargado de laboratorio	1	443,765	5.325,18	443,77	2.596,03	8.364,97
Calidad	Analista de laboratorio	4	332,915	15.979,92	1.331,66	7.790,21	25.101,79
Ventas	Encargado	1	443,765	5.325,18	443,77	2.596,03	8.364,97
Compras	Encargado	1	443,765	5.325,18	443,77	2.596,03	8.364,97
Pagos	Encargado	1	443,765	5.325,18	443,77	2.596,03	8.364,97
Producción	Gerente	1	1000	12.000,00	1.000,00	5.850,00	18.850,00
Administración	Jefe	1	750	9.000,00	750,00	4.387,50	14.137,50
Administración	Contador	1	443,765	5.325,18	443,77	2.596,03	8.364,97
Administración	Recepcionista	1	332,915	3.994,98	332,92	1.947,55	6.275,45
RRHH	Encargado	1	443,765	5.325,18	443,77	2.596,03	8.364,97
Producción	Jefe	1	750	9.000,00	750,00	4.387,50	14.137,50
Higiene y Seguridad	Jefe	1	750	9.000,00	750,00	4.387,50	14.137,50
Calidad	Jefe	1	750	9.000,00	750,00	4.387,50	14.137,50
Mantenimiento	Jefe	1	750	9.000,00	750,00	4.387,50	14.137,50
Logística	Jefe	1	750	9.000,00	750,00	4.387,50	14.137,50
Total mano de obra indirecta							411.158

Fuente: Elaboración propia.

Gastos financieros

La inversión inicial que debe realizar la empresa para comenzar con la actividad productiva, calculada anteriormente en el apartado 17.2.4, es obtenida a través de financiamiento externo o crédito. Todos los créditos tienen un costo financiero, el cual es materializado principalmente como intereses.

El crédito es otorgado por el BNA, mediante una línea crediticia del Programa de Desarrollo de Proveedores (PRODEPRO), que tiene por objetivo desarrollar empresas locales a fin de contribuir al impulso de una mayor y más profunda industrialización, diversificación de la matriz productiva interna y promoción de la productividad y competitividad. La convocatoria se encuentra destinada a empresas que sean o aspiren a ser fabricantes de bienes y servicios industriales pertenecientes al sector estratégico de hidrocarburos, específicamente a las cadenas de valor de petróleo y gas, que cuenten con un proyecto asociativo cliente-proveedor

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

con YPF S.A. en el marco del plan de desarrollo de proveedores - YPF S.A. Se solicita un préstamo por un monto de USD 25.604.675,95 a cancelar en 20 años.

Este tipo de créditos emplea el sistema de amortización alemán, el cual es frecuente en este tipo de préstamos, y se utiliza para el cálculo de las cuotas anuales. El sistema alemán francés, se caracteriza por lo siguiente:

- ❖ Amortización periódica;
- ❖ Saldo deudor decreciente;
- ❖ Amortización constante;
- ❖ Interés sobre saldos (sistema puro);
- ❖ Cuota decreciente P.A.

En la Tabla 17.12 se detallan las características del préstamo solicitado.

Tabla 17.12: Características del préstamo solicitado.

Detalles del crédito	
Monto inversión (USD)	25.634.879,75
TNA (%)	6,50
Nº de cuotas	20
Valor de la cuota mensual (USD/mes)	2.326.529
IVA (%)	21
Tasa de seguro	0,15
Sistema de amortización utilizado	Alemán

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.13: Detalle de las cuotas anuales

Detalle de las cuotas mensuales						
Cuota	Capital	Interés	Saldo	IVA	Seguro	Cuota
1	1281743,99	1666267,18	24353135,76	349916,11	38452,32	3.336.379,60
2	1281743,99	1582953,82	2371391,77	332420,30	36529,70	3.233.647,82
3	1281743,99	1499640,47	21789647,78	314924,50	34607,09	3.130.916,04
4	1281743,99	1416327,11	20507903,80	297428,69	32684,47	3.028.184,26
5	1281743,99	1333013,75	19226159,81	279932,89	30761,86	2.925.452,48
6	1281743,99	1249700,39	17944415,82	262437,08	28839,24	2.822.720,70
7	1281743,99	1166387,03	16662671,84	244941,28	26916,62	2.719.988,92
8	1281743,99	1083073,67	15380927,85	227445,47	24994,01	2.617.257,13
9	1281743,99	999760,3	14099183,86	209949,67	23071,39	2.514.525,35
10	1281743,99	916446,95	12817439,87	192453,86	21148,78	2.411.793,57
11	1281743,99	833133,59	11535695,89	174958,05	19226,16	2.309.061,79
12	1281743,99	749820,23	10253951,90	157462,25	17303,54	2.206.330,01
13	1281743,99	666506,87	8972207,91	139966,44	15380,93	2.103.598,23
14	1281743,99	583193,51	7690463,92	122470,64	13458,31	2.000.866,45

Avaro, Valentin; Bruno, Sofia; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

15	1281743,99	499880,16	6408719,94	104974,83	11535,70	1.898.134,67
16	1281743,99	416566,80	5126975,95	87479,03	9613,08	1.795.402,89
17	1281743,99	333253,44	3845231,96	69983,22	7690,46	1.692.671,11
18	1281743,99	249940,08	2563487,97	52487,42	5767,85	1.589.939,33
19	1281743,99	166626,72	1281743,99	34991,61	3845,23	1.487.207,55
20	1281743,99	83313,36	0,00	17495,81	1922,62	1.384.475,77
Totales		17495805,43		3674199,14	403749,36	47208553,67

Fuente: Elaboración propia.

Depreciaciones y amortizaciones

Tanto la depreciación como la amortización hacen referencia al desgaste o agotamiento que sufre un activo en la medida de que, con su utilización, contribuye a la generación de los ingresos de la empresa. La misma puede deberse a tres razones principales, el desgaste debido al uso (física), al paso del tiempo (funcional) o a la vejez (obsolescencia). La principal diferencia entre ellas es que la amortización hace referencia a los gastos diferidos e intangibles, y la depreciación a los activos fijos. Se estiman los costos de amortización considerando la ley tributaria, donde se encuentra fija la vida útil de los bienes (ver Tabla 17.14). Una vez determinada la vida útil de cada uno de los rubros analizados, puede extraerse de este valor la tasa lineal de depreciación de un bien. De esto se desprende que al finalizar el proyecto (a los veinte años), algunos de los bienes tendrán un valor nulo o residual. El terreno es una excepción, no está sujeto a depreciación, se diferencia de los demás activos por su vida ilimitada. En la Tabla 17.14 se detallan los costos referidos a la depreciación y amortización.

Tabla 17.14: Costo de depreciaciones y amortizaciones.

Denominación	Vida útil	Inversión (USD)	Depreciación/Amortización anual	
			Coef.	Valor de salvamento
Terreno	30	1.043.798	3.33	34.793
Infraestructura	10	2.263.120	10	226.312
Instalaciones industriales y auxiliares	10	2.991.875	10	299.188
Equipos nuevos	20	7.232.915	5	361.646
Transporte de equipos	5	73.776	20	14.755
Rodados	5	100.000	20	20.000

Avaro, Valentín; Bruno, Sofía; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Muebles y útiles	5	20.000	20	4.000
Otros gastos e imprevistos	10	10.000	10	1.000
Total		13.735.483		961.694

Fuente: Elaboración propia.

17.5. Costos totales de producción

Los costos totales de producción surgen de la suma de costos variables y costos fijos. Los cuales otorgan una visión general de la producción, permitiendo ser la base de la toma de decisiones de la empresa, ya que un incremento de estos produce una disminución en los beneficios percibidos.

Tabla 17.15: Costo total de producción.

Año	Costo fijo (USD)	Costo variable (USD)	Costo total de producción (USD)
1	1.208.389	24.149.604	25.357.993
2	1.208.389	24.981.285	26.189.674
3	1.208.389	25.813.407	27.021.795
4	1.208.389	26.645.528	27.853.917
5	1.208.389	27.477.650	28.686.039
6	1.208.389	28.309.772	29.518.160
7	1.208.389	29.141.894	30.350.282
8	1.208.389	29.974.015	31.182.404
9	1.208.389	30.806.137	32.014.526
10	1.208.389	32.305.866	33.514.254
11	1.208.389	32.305.866	33.514.254
12	1.208.389	32.305.866	33.514.254
13	1.208.389	32.305.866	33.514.254
14	1.208.389	32.305.866	33.514.254
15	1.208.389	32.305.866	33.514.254
16	1.208.389	32.305.866	33.514.254
17	1.208.389	32.305.866	33.514.254
18	1.208.389	32.305.866	33.514.254
19	1.208.389	32.305.866	33.514.254
20	1.208.389	32.305.866	33.514.254

Fuente: Elaboración propia.

17.6. Evaluación económica del proyecto

Para todo proyecto es necesario evaluar la viabilidad y rentabilidad, ya que en el momento en que se forma una empresa se debe invertir un capital financiero elevado que se pretende recuperar luego de un tiempo preestablecido. El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto.

Para evaluar dichos aspectos se emplean diferentes indicadores, dentro de los que destacan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Se entiende por VAN como el valor actual del flujo neto de efectivo (FNE) de una propuesta particular, entendiendo por flujo neto de efectivo a la diferencia entre los ingresos y los gastos netos. La TIR es la medida geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. Ambos indicadores se basan en el mismo concepto, que es la estimación de los flujos de caja futuros de la empresa. Antes de proceder a la estimación de estos índices, se necesita calcular previamente el estado de resultados de la empresa, ya que permite obtener los flujos netos de efectivo que sirven para realizar la evaluación económica.

17.6.1. Estado de resultados

El estado de resultados es un reporte financiero que en base a un período determinado muestra de manera detallada los ingresos obtenidos y los gastos en el momento en que se producen. El objetivo del análisis del estado de resultado es determinar la utilidad neta y los FNE del proyecto, los cuales representan el beneficio real de la operación de la planta, y que se obtienen restando a los ingresos todos los costos en los que se incurra y los impuestos que se deben pagar. Mientras mayores sean los FNE, mayor será la rentabilidad económica del proyecto.

Con estos datos se posibilita el análisis y la toma de decisiones. Entre los componentes del estado de resultados se encuentran:

- ❖ Ventas netas: ingresos por ventas en el período considerado para los productos que genera la empresa.
- ❖ Costos de producción de lo vendido: en esta parte se consideran los costos de materias primas, mano de obra directa e indirecta, gastos de puesta en marcha, y gastos varios referidos a producción.
- ❖ Resultado operativo: la diferencia entre los ingresos por ventas y los costos de producción de lo vendido.
- ❖ Gastos de administración, de comercialización y de financiación.
- ❖ Depreciación y amortización: las cuales fueron estimados en la sección correspondiente.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- ❖ Resultado sin impuestos: lo que resulta de sustraerle al resultado operativo las depreciaciones y los gastos administrativos, comerciales y de financiación.
- ❖ Impuesto a las ganancias: se considera principalmente el impuesto a las ganancias, el cual es el 35% de la suma de resultados sin impuestos y la depreciación y amortización (dado que no suponen desembolso de dinero, se reincorporan para determinar el flujo neto efectivo).
- ❖ Resultado neto o flujo neto efectivo (FNE): es la ganancia o pérdida final que la empresa obtiene después de la actividad, y que resulta de adicionarle los impuestos al resultado antes de impuestos.

En la Tabla 17.16 se detalla el estado de resultados, expresado en USD, para el período de actividad del proyecto, y en el Gráfico 17.1, se representan los flujos de fondos netos efectivos y su evolución.

Tabla 17.16: Estado de resultados.

AÑO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por ventas	35.729.687	36.988.485	38.247.284	39.506.083	40.764.882
-Costo de producción de lo vendido	25.758.331	26.519.634	27.351.756	28.183.877	29.015.999
RESULTADO OPERATIVO	9.971.356	10.468.852	10.895.529	11.322.206	11.748.883
-Gastos administrativos	257.583	261.196	273.518	281.839	290.160
-Gastos comerciales	96.477	93.789	94.621	95.454	96.286
-Gastos financieros	3.336.380	3.233.648	3.130.916	3.028.184	2.925.452
-Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
RESULTADOS SIN IMPUESTOS	5.319.222	5.914.524	6.434.780	6.955.035	7.475.291
Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
-Impuesto a las Ganancias	2.198.321	2.406.676	2.588.766	2.770.855	2.952.945
FNE (FLUJO NETO DE EFECTIVO)	4.082.595	4.469.542	4.807.708	5.370.238	5.484.040
AÑO	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos por ventas	42.023.681	43.282.479	44.541.278	45.800.077	48.068.804
-Costo de producción de lo vendido	29.848.121	30.680.242	31.512.364	32.344.486	33.844.215
RESULTADO OPERATIVO	12.175.560	12.602.237	13.028.914	13.455.591	14.224.589
-Gastos administrativos	298.481	306.802	315.124	323.445	338.442
-Gastos comerciales	97.118	97.950	98.782	99.614	101.114
-Gastos financieros	2.822.721	2.719.989	2.617.257	2.514.525	2.411.794
-Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
RESULTADOS SIN IMPUESTOS	7.995.546	8.515.802	9.036.057	9.556.313	10.411.546

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
-Impuesto a las Ganancias	3.135.034	3.317.123	3.499.213	3.681.302	3.980.634
FNE (FLUJO NETO DE EFECTIVO)	5.822.206	6.160.372	6.498.538	6.836.704	7.392.606
AÑO	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15
Ingresos por ventas	48.068.804	48.068.804	48.068.804	48.068.804	48.068.804
-Costo de producción de lo vendido	33.844.215	33.844.215	33.844.215	33.844.215	33.844.215
RESULTADO OPERATIVO	14.224.589	14.224.589	14.224.589	14.224.589	14.224.589
-Gastos administrativos	338.422	338.442	338.442	338.422	338.422
-Gastos comerciales	101.114	101.114	101.114	101.114	101.114
-Gastos financieros	2.309.062	2.206.330	2.103.598	2.000.866	1.898.135
-Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
RESULTADOS SIN IMPUESTOS	10.514.277	10.617.009	10.719.741	10.822.473	10.925.205
Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
-Impuesto a las Ganancias	4.016.590	4.052.546	4.088.502	4.124.458	4.160.414
FNE (FLUJO NETO DE EFECTIVO)	7.459.381	7.526.157	7.592.933	7.659.708	7.726.484
AÑO	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
Ingresos por ventas	48.068.804	48.068.804	48.068.804	48.068.804	48.068.804
-Costo de producción de lo vendido	33.844.215	33.844.215	33.844.215	33.844.215	33.844.215
RESULTADO OPERATIVO	14.224.589	14.224.589	14.224.589	14.224.589	14.224.589
-Gastos administrativos	338.422	338.422	338.422	338.422	338.422
-Gastos comerciales	101.114	101.114	101.114	101.114	101.114
-Gastos financieros	1.793.312	1.692.671	1.589.939	1.487.208	1.384.476
-Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
RESULTADOS SIN IMPUESTOS	11.027.936	11.130.668	11.233.400	11.336.132	11.438.863
Depreciación-Amortización	961.694	961.694	961.694	961.694	961.694
-Impuesto a las Ganancias	4.196.371	4.232.327	4.268.283	4.304.239	4.340.195
FNE (FLUJO NETO DE EFECTIVO)	7.793.260	7.860.035	7.926.811	7.993.586	8.060.362

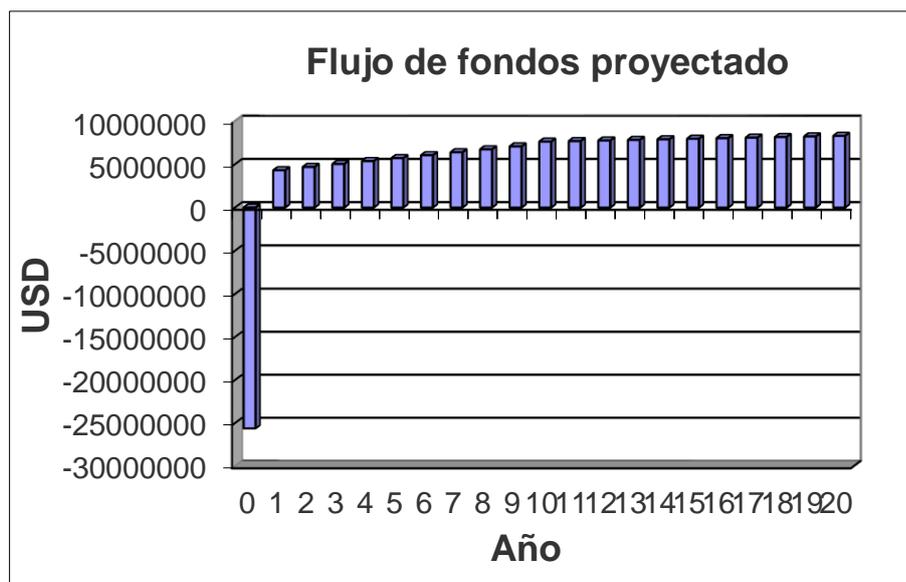


Gráfico 17.1: Proyección del flujo de fondos.

Fuente: Elaboración propia

17.6.2. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, se percibe alguna ganancia.

- ❖ VAN > 0: el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- ❖ VAN = 0: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, por lo que no aumenta el patrimonio de la empresa, siendo su realización indiferente.
- ❖ VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

El valor del VAN para el presente proyecto es de USD 45.904.590, el resultado positivo de este monto indica que el proyecto es viable.

17.6.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa porcentual que hace que el VAN sea igual a cero, es decir, es la tasa que iguala la inversión inicial a la suma de los flujos futuros actualizados al tiempo presente. Indica la tasa de interés máxima a la que se debe contraer préstamos sin incurrir en futuros fracasos financieros.

El valor de la TIR para el presente proyecto es del 22%, resultando ser un valor aceptable.

17.6.4. Período de recuero de la inversión (PRI)

Este indicador permite medir el plazo, en años, que se tarda en recuperar la inversión inicial realizada con las utilidades netas, suponiendo que se utiliza la totalidad de estas últimas

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

únicamente para saldar dicha inversión. Cabe señalar que este indicador no considera el valor del dinero en el tiempo.

El valor del PRI para el presente proyecto es de 5,08 años. Analizando este resultado, se destaca que la inversión se recuperaría en un período medianamente corto, comparado con los 20 años previstos de actividad. A la señal positiva que le brindaron el VAN y la TIR al proyecto, se le suma entonces el de este indicador.

17.7. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad determina los márgenes de rentabilidad de un proyecto desde otra perspectiva, que es la variación de un indicador económico como la TIR, frente a la fluctuación de las principales variables consideradas en el estudio económico. De acuerdo a esto, se analiza la variación de la TIR con la desviación del precio de venta, precio de materia prima, precio de mano de obra y servicios como energía eléctrica y gas.

Este análisis se realiza de forma gráfica, representando la variación de la TIR con las variables antes mencionadas.

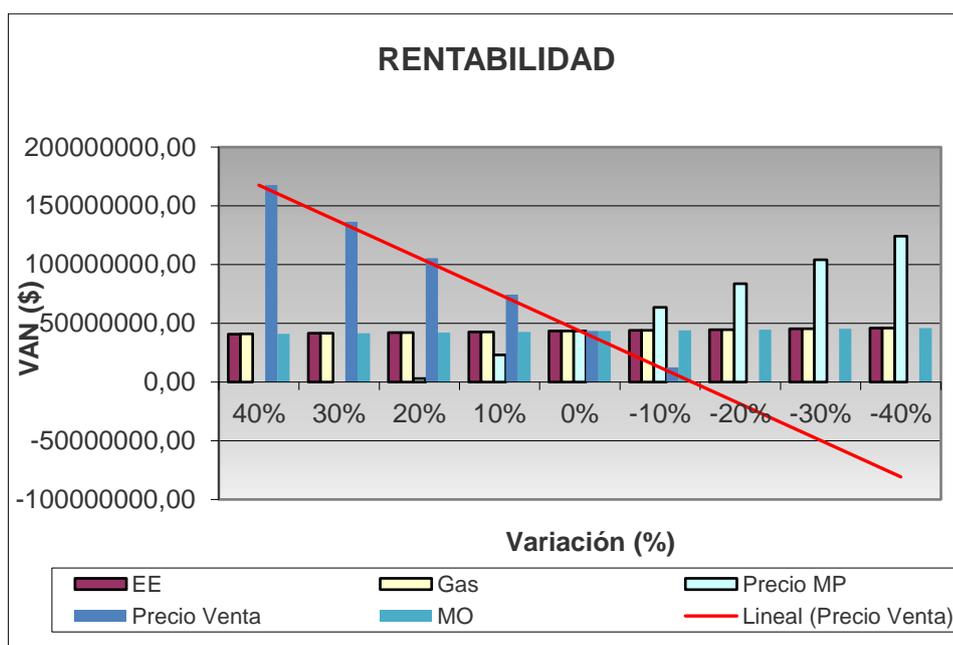


Gráfico 17.2: rentabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

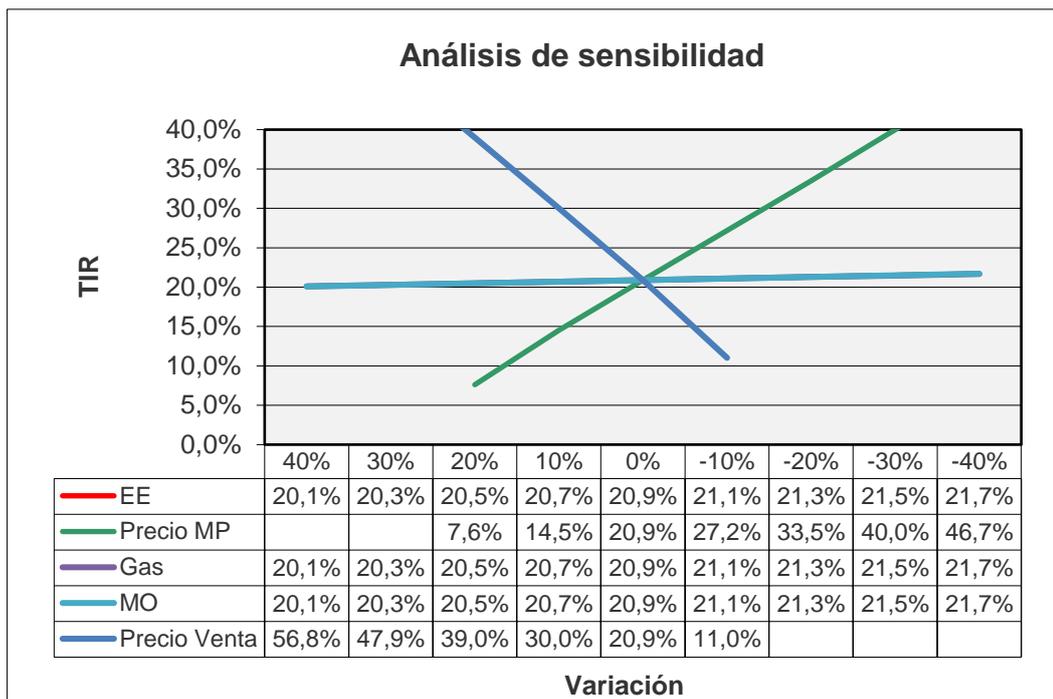


Gráfico 17.3: análisis de sensibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

17.7.1. Variación de la TIR con el precio de venta

Se observa en el Gráfico 17.3, donde se grafica la relación entre la tasa interna de retorno y el precio de venta del producto (referencia, color azul) que el valor de la TIR aumenta con el aumento del precio de venta mientras que no puede caer por debajo un 10% del precio actual dejando una TIR del 11%

17.7.2. Variación de la TIR con el precio de mano de obra

Se observa en el Gráfico 17.3, donde se grafica la relación entre la tasa interna de retorno y el precio de la mano de obra (referencia, color celeste) que el valor de la TIR ni siquiera con una reducción elevada en la variación en el factor del cambio influye en la rentabilidad del proceso.

17.7.3. Variación de la TIR con el precio de materia prima

Uno de los factores que más afectan al rendimiento del proyecto, medido a través de la TIR, es el factor de cambio en el precio de materia prima (referencia, color verde del Gráfico 17.3). En este caso, al igual que el precio de venta afectan directamente al rendimiento de la producción de fenol y acetona. Se observa en el gráfico que no puede aumentar por encima de un 20% del precio actual dejando una TIR del 7.6%.

17.7.4. Variación de la TIR con el precio de energía eléctrica

Se analiza la sensibilidad de la tasa interna de retorno a los costos de energía eléctrica. Para este caso, se observa en la Gráfico 17.3 (referencia, de color rojo) que al igual que el costo de mano de obra no influye en la rentabilidad del proceso, manteniendo constante su valor a medida que factor de cambio varía.

17.7.5. Variación de la TIR con el precio de gas

Se analiza la sensibilidad de la tasa interna de retorno a los costos de gas. Para este caso, se observa en la Gráfico 17.3 (referencia, color violeta) que es otro parámetro en el cual no se ve afectada la rentabilidad del proceso, manteniendo constante su valor a medida que factor de cambio varía.

17.8. Conclusiones

A modo de cierre del capítulo económico financiero, se puede concluir que la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto es de USD 43.405.807,4 el cual se obtendrá a través de un crédito financiado por el Banco Nación con una tasa nominal anual fija del 6,5% y con un plazo de pago en 20 años. A partir de los resultados obtenidos del análisis de los indicadores económicos:

- ❖ VAN: USD 43.405.807,40
- ❖ TIR: 20,89%
- ❖ PRI: 5,28

Los resultados obtenidos demuestran que el proyecto en cuestión es factible económicamente hablando. En cuanto al análisis de sensibilidad, se llega a la determinación de que:

- ❖ Mano de obra, energía eléctrica y gas: escasa influencia sobre la TIR y el VAN.
- ❖ Precio de venta: el mismo no debe superar una baja del 10%.
- ❖ Precio de la materia prima: no se debe aumentar el valor por encima del 20%.

CAPÍTULO 18:

CONCLUSIONES

18. Conclusiones

Considerando el análisis de las características del mismo, la elección del proceso, capacidad, cálculo y diseño de equipos industriales, accesorios, y factibilidad del proyecto, se cumple con los objetivos y expectativas que se plantearon al inicio del mismo.

A través de un exhaustivo estudio referido a la comercialización y aplicaciones de este producto y teniendo en cuenta la materia prima requerida, así como la localización de los mercados, se decidió ubicar la planta de producción en el parque industrial de la ciudad de Ensenada, Buenos Aires. Esta opción resulta ser un lugar estratégico, sobre todo, teniendo en cuenta que la planta se podría proveer de materia prima dentro del mismo parque industrial. Se seleccionó el proceso más conveniente técnica y económicamente.

Se determinó la cantidad de producción para sustituir las importaciones, analizando la demanda de este y las limitaciones de la planta.

En los balances de masa y energía se llevaron a cabo las integraciones energéticas necesarias para lograr mayores rendimientos de proceso.

Se automatizó el proceso, lo que garantiza la seguridad y calidad del producto.

Tras la evaluación económica-financiera, mediante los indicadores calculados que determinan la factibilidad del proyecto (VAN - TIR), los cuales arrojan resultados favorables, se puede afirmar que el proyecto de producción de fenol y acetona a partir de benceno y propileno es factible y rentable desde el punto de vista económico financiero. Cabe aclarar que los factores que pueden hacer que el proyecto deje de ser rentable son una disminución en más de un 10% en el precio de venta del fenol y la acetona y un aumento superior a un 20% el precio de costo de la materia prima.

Además del reporte de estado de resultados, se obtienen flujos netos efectivos (FNE) positivos para todo el período considerado del proyecto.

CAPÍTULO 19:

BIBLIOGRAFÍA

19. Bibliografía

- (OEC) *Observatorio de Complejidad Económica*. (2022). Recuperado el Abril de 2022, de <https://oec.world/es/profile/hs/phenols>
- (OEC) *Observatorio de Complejidad Económica*. (2022). Obtenido de <https://oec.world/es/profile/hs/acetone#product>
- Abarca, P. (2011). *Sistemas de Control Automático*.
- Acevedo, F. J. (2016). *Ingeniería Conceptual de una Planta de Producción de Acetona*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- AGP, B. (1 de Julio de 2015). *AGP BOMBAS*. Recuperado el 2023, de AGP BOMBAS: www.agpbombas.com
- Airliquide. (2023). Obtenido de <https://es.airliquide.com/soluciones/calibracion/gases-para-cromatografia>
- alamy. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.alamy.es/foto-estructura-quimica-del-fenol-un-compuesto-organico-aromatico-100699316.html>
- ARROL. (2018). *Nylon 66: Planta de producción de cumeno*.
- Berrino, P. B., & Tavella, F. (2020). *Producción de anhídrido ftálico por oxidación parcial de o-xileno*. Villa María: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA.
- Berrino, P. B., & Tavella, F. B. (2020). *Producción de anhídrido ftálico por oxidación parcial de o-xileno*. Tesis de grado, UTN - Facultad Regional Villa María, Villa María. Recuperado el Junio de 2022
- Bonetto y otros. (2020). *Producción de ácido acetilsalicílico*. Villa María, Córdoba, Argentina. Recuperado el Julio de 2022
- CEPSA. (2023). *CEPSA*. Recuperado el 08 de 05 de 2022, de CEPSA: <https://www.cepsa.com/stfls/corporativo/INFOGRAFIAS/PRODUCCI%C3%93N%20DE%20FENOL.pdf>
- Chemical Safety Facts*. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/benceno>
- CLA-VAL. (Diciembre de 2018). *CLA-VAL América Latina*. Recuperado el Julio de 2023, de https://www.cla-val-latinamerica.com/documents/2019%20Spanish%20E-Sheets/SE-90-01_Spanish.pdf
- Consortio Industrial Ensenada S.A.* (2017). Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.facebook.com/consorcioindustrialensenada>

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- Corma, A. (2000). Catálisis con Zeolitas: desde el laboratorio a su aplicación industrial. *Arbor*. Recuperado el Junio de 2022, de <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/viewArticle/1252>
- Corma, A., Martínez Soria, V., & Schonoeveld, E. (2000). Alkylation of benzene with short-chain olefins over MCM-22 zeolite. *Journal of Catalysis*, 192, 163-17. Recuperado el Junio de 2022
- E - ASPHALT. (Julio de 2022). Obtenido de <http://www.e-asfalto.com/redvialarg/redvial.htm>
- ESPINAR, D. A. (2020). *DISEÑO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUMENO MEDIANTE UN REACTOR DE ALQUILACIÓN Y UN REACTOR DE TRANSALQUILACIÓN CATALÍTICOS*. Universidad de Cadiz.
- Estrada, J. M. (2001). *Diseño y cálculo de recipientes a presión*. Inglesa. Recuperado el 2023
- Farber y otros. (2017). *El Sur del Sur*. Recuperado el Julio de 2022, de <https://surdelsur.com/es/transporte-comunicaciones-argentina/>
- Future Market Insights*. (Abril de 2021). Recuperado el 2022, de <https://www.futuremarketinsights.com/reports/acetone-market>
- Google Maps*. (2022). Recuperado el Junio de 2022, de <https://www.google.com/maps/place/Petroqu%C3%ADmica+Ensenada/@-34.8756082,-57.9241672,1112m/data=!3m1!1e3>
- IAQS INFO. (marzo de 2022). Obtenido de <https://www.iaqs.info/?p=657&lang=es>
- INDEC. (junio de 2022). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/>
- INSST. (2018). *Ficha técnica del propano*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- IPA. (2021). *INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA Y QUÍMICA DE ARGENTINA*. Anuario, Instituto Petroquímico Argentino. Recuperado el Junio de 2022
- ISO9001. (2023). <https://iso9001calidad.com/control-de-producto-no-conforme-177.html>.
- Lorca, C. M. (2011). *Simulación del proceso de obtención de cumeno con Aspen Plus*. Jaén: Universidad de Jaen.
- MAPA DE ARGENTINA. (2016). Recuperado el Julio de 2022, de <https://elmapadeargentina.com/mapa-de-carreteras-de-argentina>
- Moreno Lorca, C. (19 de Diciembre de 2022). *SCRIBD*. Recuperado el Agosto de 2022, de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/548219890/Simulacion-proceso-de-obtencion-de-cumeno-con-Aspen-Plus#>

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- Murciego, L. (21 de Agosto de 2017). *LA NACION*. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.lanacion.com.ar/propiedades/las-ventajas-de-contar-con-un-parque-industrial-en-la-comunidad-nid2054642/>
- Newsmantraa. (20 de Julio de 2022). *DIGITAL JOURNAL INC*. Recuperado el Abril de 2022, de <https://www.digitaljournal.com/pr/industrial-phenols-market-by-technological-advancement-and-revenue-growth-for-top-industry-gainers-aditya-birla-chemicals-bayer-material-science-ptt-phenol-shandong-sheng-quan-chemicals-co-ltd>
- Organizacion Internacion de Normalización . (s.f.). *ISO 9001:2015*.
- PEMEX. (2017). *PEMEX*. Recuperado el Junio de 2022, de PEMEX: <https://www.pemex.com/comercializacion/productos/HDS/gas/PROPANO.pdf>
- Picasso, W. G. (s.f.). *Introducción al control automático de procesos*.
- Plata, D. E. (5 de Mayo de 2009). *El Día*. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.eldia.com/nota/2009-5-5-ensenada-eje-de-un-complejo-industrial>
- Productivo, M. d. (12 de Mayo de 2022). *datos.gob.ar*. Recuperado el Julio de 2022, de https://datos.gob.ar/dataset/produccion-registro-nacional-parques-industriales-renpi/archivo/produccion_13c5e3df-bf43-439a-bfa5-55fa2f0ed618
- Red Parques*. (2018). Recuperado el Agosto de 2022, de <http://www.redparques.com.ar/parques-industriales/>
- Romero, R. S. (2019). *Ingeniería Básica de una Planta de Producción de Fenol*. Cartagena: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
- S&P. (Julio de 2022). *S&P Global*. Recuperado el 2022, de <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/phenol-chemical-economics-handbook.html>
- S&P. (Julio de 2022). *S&P Global*. Recuperado el 2022, de <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/acetone-chemical-economics-handbook.html>
- Sánchez Romero, R. (28 de 06 de 2019). *Repositorio Digital de la Universidad Politécnica de Cartagena*. Recuperado el 08 de 2023, de Repositorio Digital de la Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/7902>
- Sánchez Romero, R. (28 de 06 de 2019). *Repositorio Digital de la Universidad Politécnica de Cartagena*. Recuperado el 2023, de Repositorio Digital de la Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/7902>
- Sapag Chain, N., & otros. (1989). *Preparación y evaluación de proyectos* (Segunda ed.). McGraw-Hill. Recuperado el Junio de 2022
- Smith, C. A. (1991). *Control automático de procesos*. Mexico D.F.: Noriega Limusa.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- SRT. (2019). 14.3 Benceno. En S. d.-M. Trabajo, *GUÍA DE ACTUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES*.
- SULLAIR ARGENTINA. (2023). Recuperado el Junio de 2023, de SULLAIR ARGENTINA: <https://www.sullairargentina.com/compresores-de-aire/compresores-oil-free>
- Tecinstrumental. (2023). *h.* Obtenido de https://www.tecinstrumental.com/contenidos/2018/11/08/Editorial_3172.php
- Ullmann, F. (2016). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Gustavo Gili S.A.
- Ullmann, F. (2016). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley.
- UNIDO Secretariat. (1990). *Project profile on a downstream petrochemical product for the arab region: cumene*.
- Wikipedia. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Acetona#/media/Archivo:Acetone-3D-balls.png>
- YPF. (2013). *Ficha de Datos de Seguridad: Mezcla Propano-Propileno*. Obtenido de <https://edicion.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FDS-Propano-Propileno.pdf>
- YPF. (20 de Marzo de 2019). *YPF QUÍMICA*. Recuperado el Junio de 2022, de YPF QUÍMICA: <https://quimica.ypf.com/assets/fichas/FDS-Benceno.pdf>
- YPF. (Septiembre de 2020). *YPF QUÍMICA*. Recuperado el Junio de 2022, de YPF QUÍMICA: <https://quimica.ypf.com/assets/fichas/Propano-Propileno.pdf>
- YPF QUÍMICA. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/Propano-Propileno.pdf>
- YPF QUÍMICA. (marzo de 2022). Obtenido de <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/Benceno.pdf>
- YPF, Q. (Noviembre de 2020). *YPF*. Recuperado el Junio de 2022, de YPF: <https://quimica.ypf.com/assets/fichas/Benceno.pdf>

ANEXO 1:

FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Anexo 1: Fichas de datos de seguridad

Acetona

ACETONA		ICS: 0087 (Abril 2009)	
2-Propanona Dimetil cetona Metil cetona CAS: 67-64-1 N° ONU: 1090 CE: 200-662-2			
INCCENDIO Y EXPLOSIÓN	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
	Altamente inflamable. Las mezclas vapor/aire son explosivas. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	Usar polvo, espuma resistente al alcohol, agua, dióxido de carbono. En caso de incendio, mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
Inhalación	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
	Dolor de garganta. Tos. Confusión mental. Dolor de cabeza. Vértigo. Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Náuseas. Vómitos. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos de bajo punto de ebullición adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. NO verterlo en el alcantarillado.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU  PELIGRO	
ALMACENAMIENTO		Líquido y vapores muy inflamables. Provoca irritación ocular.	
A prueba de incendio. Separado de: ver Peligros Químicos. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.		Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3, Grupo de Embalaje/Envase ONU: II	
ENVASADO			
 La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018			
 European Commission			
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA			
Estado físico: aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.		Fórmula: C ₃ H ₆ O / CH ₃ -CO-CH ₃ Masa molecular: 58.1 Punto de ebullición: 56°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0.8 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 24 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.0 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -18°C c.c. Temperatura de autoignición: 465°C Límites de explosividad: % en volumen en el aire: 2.2-13 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.24 Viscosidad: 0.34 mm ² /s a 40°C	
Peligros físicos El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo, posible ignición en punto distante.			
Peligros químicos El contacto con oxidantes fuertes tales como ácido acético, ácido nítrico y peróxido de hidrógeno genera peróxidos explosivos. Reacciona con cloroformo y bromoformo en condiciones básicas. Esto genera peligro de incendio y explosión. Ataca los plásticos.			
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD			
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.		Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.	
Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición a concentraciones altas podría causar disminución del estado de alerta.		Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir sequedad y agrietamiento.	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL			
TLV: 250 ppm como TWA; 500 ppm como STEL; BEI establecido; A4 (no clasificado como cancerígeno humano). MAK: 1200 mg/m ³ , 500 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo B. EU-OEL: 1210 mg/m ³ , 500 ppm como TWA			
MEDIO AMBIENTE			
NOTAS			
El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo.			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
- Límites de Exposición Profesional (INSST 2021): VLA-ED: 500 ppm; 1210 mg/m ³ VLB: 50 mg/l (en orina). Nota 1: El determinante es inespecífico puesto que puede encontrarse después de la exposición a otros agentes químicos. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 606-001-00-8 - Clasificación UE Pictograma: F, Xi, R: 11-36-66-67; S: (2)-9-16-26			
		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018	

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Ácido sulfúrico

ÁCIDO SULFÚRICO, concentrado (> 51% y < 100%) Aceite de vitrola CAS: 7664-93-9 N° ONU: 1830 CE: 231-639-5	IC SC: 0362 (Noviembre 2018)
--	------------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, reductores, agua o materia orgánica.	NO poner en contacto con materiales incompatibles: ver Peligros Químicos.	NO usar agua. En caso de incendio en el entorno, usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio, mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. NO poner la sustancia en contacto directo con agua.

¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas graves.	Guantes de protección. Traje de protección. Delantal.	Utilizar guantes de protección cuando se presten primeros auxilios. Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Quemaduras en la boca y garganta. Sensación de quemazón detrás del esternón. Dolor abdominal. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. No dar nada a beber. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. NO absorber en serón u otros absorbentes combustibles. Recoger el líquido procedente de la fuga en absorbentes precintables. Absorber el líquido residual en arena seca o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. Neutralizar cuidadosamente el residuo con cal o carbonato sódico.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU PELIGRO
ALMACENAMIENTO	Mortal si se inhala Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede irritar las vías respiratorias Puede ser corrosiva para los metales Ver Notas
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 8; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II
Seco. Separado de alimentos y piensos y materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Almacenar solamente en el embalaje original. Envase irrompible Colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.	

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INODORO INCOLORO ACEITOSO HIGROSCÓPICO.	Fórmula: H ₂ SO ₄ Masa molecular: 98.1 Se descompone a 340°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua = 1): 1.8 (20°C) Solubilidad en agua a 20°C: miscible Presión de vapor, Pa a 20°C: < 10 (despreciable) Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.4
Peligros físicos Sin datos.	
Peligros químicos Se descompone por calentamiento. Esto produce gases tóxicos y corrosivos incluyendo óxidos de azufre. La sustancia es un oxidante fuerte. Reacciona con materiales reductores y combustibles y materiales orgánicos. Esto genera peligro de incendio y explosión. La sustancia es un ácido fuerte. Reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales comunes, formando un gas inflamable/explosivo (hidrógeno - ver FISO 0001). Reacciona violentamente con agua. Esto genera calor y peligro de incendio o explosión. Ver Notas. Ataca muchos plásticos.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición Hay efectos locales graves por todas las vías de exposición. La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.	Riesgo de inhalación La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia es muy corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La exposición podría causar asfisia debido a inflamación de la garganta. La inhalación de altas concentraciones puede causar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos y el tracto respiratorio superior. La inhalación puede originar reacciones de tipo asmático (RADS). Se recomienda vigilancia médica. Ver Notas.	Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La inhalación prolongada o repetida puede afectar a los pulmones. Riesgo de erosión dental por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Las nieblas de este ácido inorgánico fuerte son carcinógenas para los seres humanos. Ver Notas.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 0.2 mg/m ³ , como TWA; A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano). MAK (fracción inhalable): 0.1 mg/m ³ ; categoría de limitación de pico: I(1); cancerígeno: categoría 4; riesgo para el embarazo: grupo C. EU-OEL: 0.05 mg/m ³ como TWA

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS
Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Las nieblas de ácidos inorgánicos fuertes han sido clasificadas por la IARC como carcinógenas (grupo 1). Sin embargo, no hay información disponible sobre la carcinogenicidad de esta sustancia en otros estados físicos; por ello, la categoría de carcinogenicidad no se ha aplicado en la clasificación GHS. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia, cuando se deba disolver o diluir, añadiría al agua siempre lentamente. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Otros números ONU: 1831 Ácido sulfúrico fumante, clase de peligro 8, peligro secundario 6.1, grupo de embienv I; 1832 Ácido sulfúrico agotado, clase de peligro 8, grupo de embienv II.

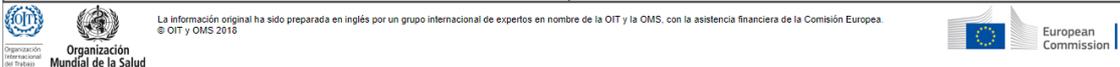
INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2022): VLA-ED (niebla): 0.05 mg/m ³ Notas: al seleccionar un método adecuado de control de la exposición, deben tomarse en consideración posibles limitaciones e interferencias que pueden surgir en presencia de otros compuestos de azufre. Esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida. Véase UNE EN 481: "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles". - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 016-020-00-8 - Clasificación UE Pictograma: C, R: 35; S: (1/2)-26-30-45; Nota: B

La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
 © Versión en español, INSST, 2018

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Alfa-metilestireno

alfa-METILESTIRENO		ICS: 0732 (Octubre 2005)	
Isopropenilbenceno 2-Fenilpropeno 1-Meta-1-feniltieno CAS: 98-83-9 N° ONU: 2303 CE: 202-705-0			
INCIENSO Y EXPLOSIÓN	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
	Inflamable. Por encima de 54°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 54°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	Usar agua pulverizada, espuma, polvo, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!			
Inhalación	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
	Tos, Vértigo, Dolor de garganta.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
	Enrojecimiento. Lagrimeo.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca.
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Protección personal: respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintados no metálicos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3. Grupo de Embalaje/Envase ONU: III	
ALMACENAMIENTO		ENVASADO	
Almacenar solamente si está estabilizado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. A prueba de incendio. Bien cerrado. Separado de oxidantes fuertes.		Contaminante marino.	
 La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018.			
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA			
Estado físico: aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLORES CARACTERÍSTICO. Peligros físicos Peligros químicos La sustancia puede polimerizar. Se descompone al arder. Esto produce humos tóxicos. Reacciona con oxidantes fuertes. Ataca el aluminio y el cobre.		Fórmula: C ₉ H ₁₀ / (C ₆ H ₅ C(CH ₃)=CH ₂) Masa molecular: 118,2 Punto de ebullición: 164°C Punto de fusión: -23°C Densidad relativa (agua = 1): 0,91 Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C: 0,012 (muy escasa) Presión de vapor, Pa a 20°C: 300 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4,08 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,01 Punto de inflamación: 54°C Temperatura de autoignición: 574°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0,9-6,6 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3,38	
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD			
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación. Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Lagrimeo.		Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire, sin embargo, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa. Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL			
TLV: 10 ppm como TWA; A3 (cancerígeno animal). MAK: 250 mg/m ³ , 50 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo D. EU-OEL: 246 mg/m ³ , 50 ppm como TWA; 492 mg/m ³ , 100 ppm como STEL			
MEDIO AMBIENTE			
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. La sustancia puede causar efectos prolongados en el medio acuático. Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia en peces.			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
- Límites de exposición profesional (INSST 2022): VLA-ED: 50 ppm, 246 mg/m ³ VLA-EC: 100 ppm, 492 mg/m ³ - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-027-00-6 - Clasificación UE Pictograma: Xi, N, R: 10-36/37-51/53; S: (2)-(6)			
 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018	

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Benceno

BENCENO Ciclohexatrieno Benzol CAS: 71-43-2 N° ONU: 1114 CE: 200-753-7	ICSC: 0015 (Noviembre 2016)
--	-----------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Altamente inflamable. Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión. Ver Peligros Químicos.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar espuma, agua pulverizada, dióxido de carbono, polvo. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡EVITAR TODO CONTACTO!			
	SINTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento. Dolor. Además ver Inhalación.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Dolor de garganta. Vómitos. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición. ¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración. NO verterlo en el alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU  PELIGRO
ALMACENAMIENTO	Líquido y vapores muy inflamables Puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias Provoca irritación cutánea Provoca irritación ocular grave Puede provocar defectos genéticos Puede provocar cáncer Provoca daños en la médula ósea y el sistema nervioso central tras exposiciones prolongadas o repetidas Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3. Grupo de Embalaje/Envase ONU: II
No transportar con alimentos y piensos.	


 La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico: aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: C ₆ H ₆ Masa molecular: 78.1 Punto de ebullición: 80°C Punto de fusión: 5°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua, g/100ml a 25°C: 0.18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 10 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -11°C c. Temperatura de autoignición: 498°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.2-8.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.13
Peligros físicos El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo, posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	
Peligros químicos Reacciona violentamente con oxidantes, ácido nítrico, ácido sulfúrico y halógenos. Esto genera peligro de incendio y explosión. Ataca los plásticos y el caucho.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.	Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonía química. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. Esto puede dar lugar a disminución del estado de alerta. La exposición muy por encima del LEP podría causar pérdida del conocimiento y la muerte. En caso de ingestión la sustancia penetra fácilmente en las vías respiratorias y puede provocar neumonía por aspiración.	Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y al sistema inmunitario. La sustancia puede afectar a la médula ósea. Esto puede dar lugar a anemia. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos. Puede causar daño genético hereditario en células germinales humanas. Ver Notas.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 0.5 ppm como TWA; 2.5 ppm como STEL; (piel); A1 (cancerígeno humano confirmado); BEI establecido. EU-OEL: 3.25 mg/m ³ ; 1 ppm como TWA; (piel). MAK: cancerígeno: categoría 1; mutágeno: categoría 3A; absorción dérmica (H)

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos. La sustancia puede causar efectos prolongados en el medio acuático.

NOTAS
El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente. El benceno causa leucemia mieloide aguda/leucemia no linfocítica aguda. También se ha observado una asociación positiva entre la exposición a benceno y leucemia linfocítica aguda, leucemia linfocítica crónica, mieloma múltiple y linfoma no Hodgkin.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2021): VLA-ED: 1 ppm; 3.25 mg/m ³ C1A (Sustancia carcinógena de categoría 1A). M1B (Sustancia mutágena de categoría 1B). Notas: vía dérmica. Agente cancerígeno con valor límite vinculante recogido en el anexo III del Real Decreto 665/1997 y en sus modificaciones posteriores. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso especificadas en el Reglamento REACH. VLB: 0.045 mg/l creatinina en orina de ácido S-Fenilmercaptánico; 2 mg/L en orina de ácido 1,1-Mucónico. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-020-00-8 - Clasificación UE Pictograma: F, T, R: 45-46-11-36/38-48/23/24/25-65; S: 53-45; Nota: E


 La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
 © Versión en español, INSST, 2018

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Cumeno

CUMENO (1-Metil-2-propilbenceno 2-Fenilpropano isopropilbenceno) CAS: 98-82-8 N° ONU: 1918 CE: 202-704-5		ICS: 0170 (Abril 2014)	
	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 31°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas. NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 31°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra).	Usar polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
¡EVITAR TODO CONTACTO!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Falta de coordinación. Somnolencia. Dolor de cabeza.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento.	Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
Ingestión	Ver Inhalación. ¡Peligro de aspiración!	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Protección personal: traje de protección química y respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU	
ALMACENAMIENTO			
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos. Fresco. Mantener en la oscuridad. Almacenar solamente si está estabilizado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Medidas para contener el efuente de extinción de incendios.		<p>PELIGRO</p> Líquido y vapores inflamables Nocivo en caso de ingestión Susceptible de provocar cáncer Puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias Muy tóxico para los organismos acuáticos	
ENVASADO		Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III	
Contaminante marino.			
 La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018		 European Commission	
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA			
Estado físico: aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO. Peligros físicos Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas. Peligros químicos Reacciones violentamente con ácidos y oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión. La sustancia puede formar peróxidos explosivos.		Fórmula: C ₉ H ₁₂ / C ₉ H ₂ CH(CH ₃) ₂ Masa molecular: 120,2 Punto de ebullición: 152°C Punto de fusión: -96°C Densidad relativa (agua = 1): 0,90 Solubilidad en agua, g/l a 20°C: 0,2 (muy escasa) Presión de vapor: Pa a 20°C: 427 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4,2 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,01 Punto de inflamación: 31°C c.c. Temperatura de autoignición: 420°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0,9-6,5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3,66 Velocidad: 0,95 m/min a 25°C	
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD			
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión. Efectos de exposición de corta duración En caso de ingestión la sustancia penetra fácilmente en las vías respiratorias y puede provocar neumonía por aspiración. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición muy por encima del LEP podría causar pérdida del conocimiento.		Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en el aire. Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al hígado y al tracto respiratorio superior. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos.	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL			
TLV: 5 ppm como TWA; A3 (cancerígeno animal). MAK: 50 mg/m ³ , 10 ppm; categoría de limitación de pico: II(4); absorción dérmica (H); cancerígeno: categoría 3B; riesgo para el embarazo: grupo C. EU-OEL: 50 mg/m ³ , 10 ppm como TWA; 250 mg/m ³ , 50 ppm como STEL (piel)			
MEDIO AMBIENTE			
La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.			
NOTAS			
Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo, eliminarlos. NO llevar a casa la ropa de trabajo.			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
- Límites de exposición profesional (INSST 2021): VLA-ED: 10 ppm, 50 mg/m ³ VLA-EC: 50 ppm, 250 mg/m ³ Nota: vía dérmica. VLB: 7 mg/g creatinina en orina de 2-fenil-2-propanol. Nota: con hidrólisis. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-024-00-X - Clasificación UE Pictograma: Xn, N, R: 10-37-51/53-65; S: (2)-24-37-61-62; Nota: C			
			
		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018	

Cumilfenol



www.sigmaaldrich.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD Versión 6.4
 de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006 Fecha de revisión 17.09.2023
Fecha de impresión 04.12.2023
 GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO DEL DATA

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto
 Nombre del producto : **4-Cumylphenol**
 Referencia : **C87800**
 Marca : **Aldrich**
 REACH No. : Un número de registro no está disponible para esta sustancia, ya que la sustancia o sus usos están exentos del registro, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior
 No. CAS : **599-64-4**

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconejados
 Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad
 Compañía : **SIGMA-ALDRICH DE ARGENTINA SA**
 Tronador 4890 4th
 C1430DNN CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES
 ARGENTINA
 Teléfono : **+54 11 4546-8100**

1.4 Teléfono de emergencia
 Teléfono de Urgencia : **Centro Nacional de Intoxicaciones del Hospital Posadas 0800-333-0160**
+54 11 4654-6648 / 4658-7777
+54 11 5983-9431 (CHEMTREC)

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla
 Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008
 Irritación cutánea (Categoría 2), H315
 Irritación ocular (Categoría 2), H319
 Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (Categoría 3), Sistema respiratorio, H335

Aldrich- C87800 Página 1 de 11
 The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada 

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Pictograma



Palabra de advertencia **Atención**

Indicación(es) de peligro

H315 Provoca irritación cutánea.
H319 Provoca irritación ocular grave.
H335 Puede irritar las vías respiratorias.

Declaración(es) de prudencia

P261 Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.
P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.
P271 Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.
P280 Llevar guantes/equipo de protección para los ojos/ la cara.
P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua.
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.

Declaración Suplementaria del Peligro ninguno(a)

Etiquetado reducido (<= 125 ml)

Pictograma



Palabra de advertencia **Atención**

Indicación(es) de peligro ninguno(a)

Declaración(es) de prudencia ninguno(a)

Declaración Suplementaria del Peligro ninguno(a)

2.3 Otros Peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (mPmB) a niveles del 0,1% o superiores.

Información ecológica:

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

Información toxicológica:

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Sinónimos : 4-(2-Phenylisopropyl)phenol

Formula : C₁₅H₁₄O
Peso molecular : 212,29 g/mol
No. CAS : 599-64-4
No. CE : 209-968-0

Componente	Clasificación	Concentración
4-(o,o-Dimethylbenzyl)phenol		
No. CAS : 599-64-4 No. CE : 209-968-0	Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2; STOT SE 3; H315, H319, H335	<= 100 %

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

Consultar a un médico. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.

Si es inhalado

Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial. Consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Eliminar lavando con jabón y mucha agua. Consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Lávese a fondo con agua abundante durante 15 minutos por lo menos y consulte al médico.

Por ingestión

Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua. Consultar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- 4.3** Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente
Sin datos disponibles

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

- 5.1** Medios de extinción
Medios de extinción apropiados
Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.
- 5.2** Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla
Óxidos de carbono
- 5.3** Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios
Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.
- 5.4** Otros datos
Sin datos disponibles

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

- 6.1** Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia
Utilícese equipo de protección individual. Evite la formación de polvo. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacuar el personal a zonas seguras. Evitar respirar el polvo.
Equipo de protección individual, ver sección 8.
- 6.2** Precauciones relativas al medio ambiente
No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.
- 6.3** Métodos y material de contención y de limpieza
Recoger y preparar la eliminación sin originar polvo. Limpiar y traspalar. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.
- 6.4** Referencia a otras secciones
Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

- 7.1** Precauciones para una manipulación segura
Consejos para una manipulación segura
Evítese el contacto con los ojos y la piel. Evítese la formación de polvo y aerosoles.
Indicaciones para la protección contra incendio y explosión
Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.
Medidas de higiene
Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.
Ver precauciones en la sección 2.2
- 7.2** Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades
Condiciones de almacenamiento
Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Almacenar en un lugar fresco.
Clase de almacenamiento
Clase de almacenamiento (TRGS 510): 11: Sólidos Combustibles
- 7.3** Usos específicos finales
Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

- 8.1** Parámetros de control
Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.
- 8.2** Controles de la exposición
Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Gafas de seguridad con protecciones laterales conformes con la EN166 Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

Protección de la piel

Manipular con guantes. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones del Reglamento (UE) 2016/425 y de la norma EN 374 derivada del mismo.

Protección Corporal

Indumentaria impermeable. El tipo de equipamiento de protección debe ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

Protección respiratoria

Para exposiciones molestas use respirador de partículas tipo P95 (EE.UU.) o tipo P1 (UE EN 143). Para un nivel de protección mayor use cartuchos de respirador tipo OV/AG/P99 (EE.UU.) o ABEK-P2 (UE EN 143). Usar respiradores y componentes testados y aprobados bajo los estándares gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

Control de exposición ambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

a)	Estado físico	crystalino
b)	Color	blanco
c)	Olor	Sin datos disponibles
d)	Punto de fusión/ punto de congelación	Punto/intervalo de fusión: 74 - 76 °C - lit.
e)	Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	335 °C - lit.
f)	Inflamabilidad (sólido, gas)	Sin datos disponibles
g)	Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos	Sin datos disponibles
h)	Punto de inflamación	Sin datos disponibles
i)	Temperatura de auto-inflamación	Sin datos disponibles
j)	Temperatura de descomposición	Sin datos disponibles
k)	pH	Sin datos disponibles
l)	Viscosidad	Viscosidad, cinemática: Sin datos disponibles Viscosidad, dinámica: Sin datos disponibles
m)	Solubilidad en agua	Sin datos disponibles
n)	Coefficiente de reparto n- octanol/agua	Sin datos disponibles
o)	Presión de vapor	Sin datos disponibles
p)	Densidad	Sin datos disponibles
	Densidad relativa	Sin datos disponibles
q)	Densidad relativa del vapor	Sin datos disponibles
r)	Características de las partículas	Sin datos disponibles
s)	Propiedades explosivas	Sin datos disponibles
t)	Propiedades comburentes	Sin datos disponibles

9.2 Otra información de seguridad

Sin datos disponibles

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Sin datos disponibles

10.2 Estabilidad química

Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Sin datos disponibles

10.4 Condiciones que deben evitarse

Sin datos disponibles

10.5 Materiales incompatibles

Cloruros de ácido, Anhídridos de ácido, Oxidantes

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Oral: Sin datos disponibles

Inhalación: Sin datos disponibles

Cutáneo: Sin datos disponibles

Corrosión o irritación cutáneas

Observaciones: Sin datos disponibles

Lesiones o irritación ocular graves

Observaciones: Sin datos disponibles

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

Sin datos disponibles

Carcinogenicidad

Sin datos disponibles

Toxicidad para la reproducción

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Inhalación - Puede irritar las vías respiratorias.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Sin datos disponibles

Peligro de aspiración

Sin datos disponibles

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

11.2 Información Adicional

Propiedades de alteración endocrina

Producto:

Valoración

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

RTECS: SL1942450

Los efectos pueden variar desde irritación leve hasta destrucción profunda del tejido, según la intensidad y duración de la exposición., la exposición prolongada o repetida puede provocar:, Lesiones oculares, Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Sin datos disponibles

12.2 Persistencia y degradabilidad

Sin datos disponibles

12.3 Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

12.4 Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (mPmB) a niveles del 0,1% o superiores.

12.6 Propiedades de alteración endocrina

Producto:

Valoración

: La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

12.7 Otros efectos adversos

Sin datos disponibles

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Producto

Ofertar el sobrante y las soluciones no-aprovechables a una compañía de vertidos acreditada. Disolver o mezclar el producto con un solvente combustible y quemarlo en un incinerador apto para productos químicos provisto de postquemador y lavador. Los residuos deben eliminarse de acuerdo con la directiva sobre residuos 2008/98/CE así como con otras 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.

Envases contaminados

Eliminar como producto no usado.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Diisopropilbenceno

DIISOPROPILBENCENO (mezcla)		ICSC: 1714 (Abril 2009)	
Riesgo: 1-metil-1-benceno CAS: 25321-09-9 N° ONU: 3082 CE: 246-835-6			
INCIENSO Y EXPLOSIÓN	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
	Combustible. Por encima de 77°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas. Por encima de 77°C, sistema cerrado y ventilación.	Usar polvo, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!			
Inhalación	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
	Dolor de cabeza. Somnolencia.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo.
		Guantes de protección.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
		Utilizar gafas de protección.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Reposo.
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU  ATENCIÓN	
ALMACENAMIENTO		Líquido combustible. Puede provocar somnolencia y provocar vértigo. Muy tóxico para los organismos acuáticos.	
Medidas para contener el efuente de extinción de incendios: Mantener en lugar bien ventilado. Almacenar en un área sin acceso a desagues o alcantarillas.		Transporte: Clasificación ONU: Clase de Peligro ONU: 8; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III	
ENVASADO			
 La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.			
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA			
Estado físico: aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR ACRE. Peligros físicos Peligros químicos		Fórmula: C ₁₂ H ₁₈ Masa molecular: 162,3 Punto de ebullición: 203-205°C Densidad: 0,9 g/cm ³ Solubilidad en agua a 25°C: escasa Densidad relativa de vapor (aire = 1): 5,6 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1 Punto de inflamación: 77°C c.a. Temperatura de autoignición: 449°C Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 5,2	
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD			
Vías de exposición Efectos de exposición de corta duración La exposición a concentraciones altas podría causar disminución del estado de alerta.		Riesgo de inhalación No se puede indicar la velocidad con que se alcanza una concentración nociva de esta sustancia en el aire. Efectos de exposición prolongada o repetida	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL			
MEDIO AMBIENTE			
La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.			
NOTAS			
Esta ficha se basa en una mezcla de m-diisopropilbenceno (CAS 99-62-7) y p-diisopropilbenceno (CAS 100-18-5).			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
Clasificación UE			
		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. Versión en español, INSSST, 2018	

Dimetil bencil alcohol



www.sigmaaldrich.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD Versión 6.5
 de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006 Fecha de revisión 17.08.2023
Fecha de impresión 02.12.2023
 GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO DEL DATA

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto
 Nombre del producto : 2-Fenil-2-propanol

Referencia : P30802
 Marca : Aldrich
 REACH No. : Un número de registro no está disponible para esta sustancia, ya que la sustancia o sus usos están exentos del registro, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior
 No. CAS : 617-94-7

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconejados
 Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad
 Compañía : SIGMA-ALDRICH DE ARGENTINA SA
 Tronador 4890 4th
 C1430DNN CIUDAD AUTONONOMA DE BUENOS AIRES
 ARGENTINA

Teléfono : +54 11 4546-8100

1.4 Teléfono de emergencia
 Teléfono de Urgencia : Centro Nacional de Intoxicaciones del
 Hospital Posadas 0800-333-0160
 +54 11 4654-6648 / 4658-7777
 +54 11 5983-9431 (CHEMTREC)

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla
Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008
 Toxicidad aguda, Oral (Categoría 4), H302
 Irritación cutáneas (Categoría 2), H315
 Irritación ocular (Categoría 2), H319

Aldrich- P30802 Página 1 de 11

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Pictograma	
Palabra de advertencia	Atención
Indicación(es) de peligro	
H302	Nocivo en caso de ingestión.
H315	Provoca irritación cutánea.
H319	Provoca irritación ocular grave.
Declaración(es) de prudencia	
P264	Lavar la piel concienzudamente tras la manipulación.
P280	Llevar guantes/equipo de protección para los ojos/ la cara.
P301 + P312	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico si la persona se encuentra mal.
P302 + P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua.
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.
P332 + P313	En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.
Declaración Suplementaria del Peligro	ninguno(a)

Etiquetado reducido (<= 125 ml)

Pictograma	
Palabra de advertencia	Atención
Indicación(es) de peligro	ninguno(a)
Declaración(es) de prudencia	ninguno(a)
Declaración Suplementaria del Peligro	ninguno(a)

2.3 Otros Peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (mPmB) a niveles del 0,1% o superiores.

Información ecológica:

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

Información toxicológica:

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Sinónimos	: Dimethyl phenyl carbinol o,o-Dimethylbenzyl alcohol
Formula	: C ₉ H ₁₂ O
Peso molecular	: 136,19 g/mol
No. CAS	: 617-94-7
No. CE	: 210-539-5

Componente	Clasificación	Concentración
2-Phenylpropan-2-ol		
No. CAS No. CE	617-94-7 210-539-5	Acute Tox. 4; Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2; H302, H315, H319
		<= 100 %

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.

Si es inhalado

Tras inhalación: aire fresco.

En caso de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse.

En caso de contacto con los ojos

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Por ingestión

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

- 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**
Sin datos disponibles

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Se desconoce la naturaleza de los productos de la descomposición.

Inflamable.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

5.3 Recomendaciones 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 .

5.4 Otros datos

Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Equipo de protección individual, ver sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

6.4 Referencia a otras secciones

Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Ver precauciones en la sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Bien cerrado. Seco.

Clase de almacenamiento

Clase de almacenamiento (TRGS 510): 11: Sólidos Combustibles

7.3 Usos específicos finales

Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

8.2 Controles de la exposición

Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).
Gafas de seguridad

Protección de la piel

Manipular con guantes. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones del Reglamento (UE) 2016/425 y de la norma EN 374 derivada del mismo.

Protección Corporal

prendas de protección

Protección respiratoria

Para exposiciones molestas use respirador de partículas tipo P95 (EE.UU.) o tipo P1 (UE EN 143). Para un nivel de protección mayor use cartuchos de respirador tipo OV/AG/P99 (EE.UU.) o ABEK-P2 (UE EN 143). Usar respiradores y componentes testados y aprobados bajo los estándares gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

Control de exposición ambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- | | |
|---|--|
| a) Estado físico | polvo |
| b) Color | blanco, amarillo |
| c) Olor | Sin datos disponibles |
| d) Punto de fusión/
punto de congelación | Punto/intervalo de fusión: 28 - 32 °C - lit. |

e) Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	202 °C - lit.
f) Inflamabilidad (sólido, gas)	Sin datos disponibles
g) Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos	Sin datos disponibles
h) Punto de inflamación	No aplicable
i) Temperatura de auto-inflamación	Sin datos disponibles
j) Temperatura de descomposición	Sin datos disponibles
k) pH	Sin datos disponibles
l) Viscosidad	Viscosidad, cinemática: Sin datos disponibles Viscosidad, dinámica: Sin datos disponibles
m) Solubilidad en agua	Sin datos disponibles
n) Coeficiente de reparto n-octanol/agua	Sin datos disponibles
o) Presión de vapor	Sin datos disponibles
p) Densidad	0,973 gcm ³ a 25 °C - lit.
q) Densidad relativa del vapor	0,982 a 20 °C
r) Características de las partículas	Sin datos disponibles
s) Propiedades explosivas	Sin datos disponibles
t) Propiedades comburentes	ningún

9.2 Otra información de seguridad
Sin datos disponibles

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Válido en general para sustancias y mezclas orgánicas combustibles: en caso de esparcimiento fino, en estado arremolinado, debe contarse en general con peligro de explosión.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).
Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Sin datos disponibles

10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

10.5 Materiales incompatibles

Ácidos, Cloruros de ácido, Anhídridos de ácido, Oxidantes

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

DL50 Oral - Rata - 1.300 mg/kg

Observaciones: (RTECS)

Inhalación: Sin datos disponibles

Cutáneo: Sin datos disponibles

Corrosión o irritación cutáneas

Piel - Conejo

Resultado: Grave irritación de la piel

Lesiones o irritación ocular graves

Observaciones: Sin datos disponibles

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

Sin datos disponibles

Carcinogenicidad

Sin datos disponibles

Toxicidad para la reproducción

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Sin datos disponibles

Peligro de aspiración

Sin datos disponibles

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

11.2 Información Adicional

Propiedades de alteración endocrina

Producto:

Valoración

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

RTECS: DO4562000

Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Sin datos disponibles

12.2 Persistencia y degradabilidad

Sin datos disponibles

12.3 Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

12.4 Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (mPmB) a niveles del 0,1% o superiores.

12.6 Propiedades de alteración endocrina

Producto:

Valoración

: La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

12.7 Otros efectos adversos

Sin datos disponibles

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Sin datos disponibles

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Fenol

FENOL Acido carbónico Acido fénico Hidroxibenceno CAS: 108-95-2 N° ONU: 1671 CE: 203-632-7		ICSC: 0070 (Abril 2017)
---	--	-------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. Por encima de 79°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas. NO poner en contacto con oxidantes fuertes. Por encima de 79°C, sistema cerrado y ventilación.	Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono.
¡EVITAR TODO CONTACTO! USAR PROTECCIÓN PERSONAL PARA PRESTAR PRIMEROS AUXILIOS. ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Jadeo. Dificultad respiratoria. Pérdida del conocimiento. Síntomas no inmediatos. Ver Notas.	Evitar la inhalación de polvo y niebla. Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Quemaduras cutáneas graves. Entumecimiento. Convulsiones. Colapso. Pérdida del conocimiento.	Guantes de protección. Traje de protección.	Utilizar guantes de protección cuando se presten primeros auxilios. Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Para eliminar la sustancia usar polietilenglicol 300 o aceite vegetal. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Dolor. Enrojecimiento. Pérdida de visión. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Quemaduras en la boca y garganta. Convulsiones. Dolor abdominal. Diarrea. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintado tapado. Si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU 
ALMACENAMIENTO	PELIGRO Tóxico en caso de ingestión o en contacto con la piel Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Susceptible de provocar defectos genéticos Provoca daños en el sistema nervioso central, el corazón y los riñones Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas Puede irritar las vías respiratorias Tóxico para los organismos acuáticos
Medidas para contener el efuente de extinción de incendios. Separado de oxidantes fuertes y alimentos y piensos. Seco. Bien cerrado. Almacenar solamente en el recipiente original. Mantener en lugar bien ventilado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 6.1; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II
No transportar con alimentos y piensos.	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018



INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Estado físico: aspecto CRISTALES DE INCOLOROS A AMARILLOS O LIGERAMENTE ROSADOS, DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: C ₆ H ₅ O / C ₆ H ₅ OH Masa molecular: 94.1 Punto de ebullición: 182°C Punto de fusión: 41°C Densidad: 1.09 g/cm ³ Solubilidad en agua, g/l a 20°C: 84 (moderada) Presión de vapor: Pa a 20°C: 47 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.2 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.0 Punto de inflamación: 79°C c.c. Temperatura de autoignición: 715°C Límites de explosividad: % en volumen en el aire: 1.3-9.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.46
Peligros físicos	
Peligros químicos La disolución en agua es un ácido débil. Reacciona con oxidantes. Esto genera peligro de incendio y explosión.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

Vías de exposición Hay efectos locales graves por todas las vías de exposición.	Riesgo de inhalación Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia y el vapor son corrosivos para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del vapor puede originar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos o las vías respiratorias. Ver Notas. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, al corazón y a los riñones. Esto puede dar lugar a convulsiones, coma, alteraciones cardíacas, fallo respiratorio y colapso. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica. La exposición podría causar la muerte.	Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia puede afectar al hígado, a los riñones y al sistema nervioso.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 5 ppm como TWA; (piel); A4 (no clasificado como cancerígeno humano); BEI establecido. MAK: absorción dérmica (H); cancerígeno: categoría 3B; mutágeno: categoría 3B. EU-OEL: 8 mg/m ³ , 2 ppm como TWA; 16 mg/m ³ , 4 ppm como STEL; (piel)
--

MEDIO AMBIENTE

La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS

Otros números ONU: 2312 (fundido); 2821 (solución). Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.
--

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2017): VLA-ED: 2 ppm; 8 mg/m ³ VLA-EC: 4 ppm; 16 mg/m ³ Nota: vía dérmica VLB: 120 mg/g creatinina en orina. Notas F, I, con hidrólisis. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 604-001-00-2 - Clasificación UE Pictograma: T, C, Xn, R: 23/24/25-34-48/20/21/22-68, S: (1/2)-24/25-26-28-36/37/39-45



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
 © Versión en español, INSST, 2018

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Hidroperóxido de cumeno

HIDROPERÓXIDO DE CUMENO Hidroperóxido de alfa-alfa-dimetilbencilo Hidroperóxido de 1-metil-1-feniletilo Hidroperóxido de de cumilo CAS: 80-15-9 N° ONU: 3107 CE: 201-254-7	ICSC: 0761 (Abril 2005)
---	-------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. Por encima de 79°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire. Riesgo de incendio y explosión en contacto con materia orgánica o reductores.	Evitar las llamas. NO poner en contacto con sustancias inflamables. Por encima de 79°C, sistema cerrado y ventilación. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma resistente al alcohol, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Síntomas no inmediatos. Ver Notas.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintados de plástico. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 5.2
Separado de sustancias combustibles, reductores, ácidos minerales y alimentos y piensos. Fresco. Seco. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
ENVASADO	
No transportar con alimentos y piensos.	

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.

© OIT y OMS 2018





INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico: aspecto LÍQUIDO DE INCOLORO A AMARILLO DE OLOR CARACTERÍSTICO. Peligros físicos Peligros químicos Puede explotar por calentamiento por encima de -150°C. La sustancia es un oxidante fuerte. Reacciona violentamente con materiales reductores y combustibles. Esto genera peligro de incendio y explosión. Puede descomponerse violentamente en contacto con aleaciones de cobalto, cobre o plomo y ácidos minerales.	Fórmula: C ₉ H ₁₂ O ₂ / C ₉ H ₉ C(CH ₃) ₂ OOH Masa molecular: 152.2 Punto de fusión: -9°C Densidad relativa (agua = 1): 1.06 Solubilidad en agua: g/100ml: 1.5 Presión de vapor, Pa a 20°C: 32 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 5.4 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.0 Punto de inflamación: 79°C c.c. Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.9-6.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.16

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión. Efectos de exposición de corta duración La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar. Ver Notas. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.	Riesgo de inhalación No se puede indicar la velocidad con que se alcanza una concentración nociva de esta sustancia en el aire por evaporación a 20°C. Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS
El producto técnico puede contener una cierta cantidad de cumeno (10-20%), el cual cambia las propiedades físicas. Otro número ONU: 3109 Peróxido orgánico líquido tipo F. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debería considerarse la inmediata administración de una terapia por inhalación adecuada por un médico o persona por él autorizada. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).

INFORMACIÓN ADICIONAL
- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 617-002-00-8 - Clasificación UE Pictograma: O, T, N, R: 7-21/22-23-34-48/20/22-51/53, S: (1/2)-3/7-14-36/37/39-45-50-61



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL



Inssst

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea

© Versión en español, INSSST, 2018

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Mezcla Propano-Propileno

2.IDENTIFICACION DEL PELIGRO O PELIGROS			
2.1 ELEMENTOS DE LA ETIQUETA			
Pictograma			
Palabra Advertencia	Peligro		
Indicación de Peligro	H220 Gas extremadamente inflamable	H280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.	
Criterios de Clasificación	Gases Inflamables (Categoría 1)	Gases a presión	
Otras regulaciones			
OTROS PELIGROS			
Gas licuado extremadamente inflamable. Los vapores forman mezclas explosivas con el aire.			

4.PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación: Trasladar al afectado a una zona de aire fresco. Si la respiración es dificultosa, asistir la respiración artificialmente y administrar oxígeno si es necesario. Solicitar asistencia médica.
Ingestión/Aspiración: NP
Contacto piel/ojos: En caso de quemaduras por congelación tras contacto con el gas licuado, lavar la zona afectada con abundante agua para descongelarla y quitar las prendas contaminadas, si no están adheridas a la piel, mojóndolas abundantemente. No frotar las partes afectadas. En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua durante al menos 15 min. Solicitar asistencia médica inmediata.
Medidas generales: Solicitar asistencia médica.

5.MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS
Medidas de extinción: Agua pulverizada, polvo químico, CO ₂ .
Contraindicaciones: NO UTILIZAR NUNCA CHORRO DE AGUA DIRECTO.
Productos de combustión: CO ₂ , H ₂ O, CO (en caso de combustión incompleta).
Medidas especiales: Mantener alejados de la zona de fuego los recipientes con producto. Enfriar los recipientes expuestos a las llamas. No apagar la llama de un escape de gas. Aislar la fuga si es posible y, en caso contrario, dejar quemar controladamente. Dispersar los vapores con agua pulverizada. Consultar y aplicar planes de emergencia en el caso de que existan.
Peligros especiales: Producto extremadamente inflamable por calor, chispa, electricidad estática o llamas. El vapor, más pesado que el aire, puede desplazarse hasta fuentes de ignición alejadas. Los vapores desplazan el aire de zonas bajas y áreas deprimidas creando riesgos de insuficiencias respiratorias o asfixia. Los recipientes sin válvulas de seguridad pueden explotar tras exposición a elevadas temperaturas. Los recipientes casi vacíos o vacíos, presentan los mismos riesgos que los llenos. Peligro de explosión de vapores en espacios cerrados, exteriores o en conductos. Son especialmente peligrosos los vertidos al alcantarillado. El líquido flota en el agua y puede existir reigración en la superficie de la misma.
Equipos de protección: Prendas para lucha contra incendios resistentes al calor. Cuando exista alta concentración de vapores o humos, utilizar aparato de respiración autónoma.

6.MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
Precauciones para el medio ambiente: El producto se evapora totalmente, por lo que no supone riesgo de contaminación acuática ni terrestre. Evitar que las fugas alcancen desagües y alcantarillas.	Precauciones personales: Aislar el área. Evitar la entrada innecesaria de personas dentro de la zona afectada. No fumar. Evitar cualquier tipo de fuente de ignición (llama abierta, chispa). Evitar cargas electrostáticas.
Detoxificación y limpieza: Vertidos pequeños: Dejar evaporar.	Protección personal: Equipos de respiración autónoma en presencia de elevadas concentraciones de producto. Guantes de PVC. Protección ocular cerrada. Calzado de seguridad antistático.
Vertidos grandes: Diluir los vapores con agua pulverizada y proceder como en el caso de fugas pequeñas.	

7.MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO
Manipulación: <i>Precauciones generales:</i> Evitar el contacto con piel, ojos y ropa. No respirar los vapores. Emplear sistemas antideflagrantes para la ventilación de locales cerrados donde se manipule o almacene el producto. Mantener alejado de posibles fuentes de ignición (llamas, chispa). No fumar en las áreas de manipulación del producto. Evitar la acumulación de cargas electrostáticas. Para el traslado utilizar equipos conectados a tierra. <i>Condiciones específicas:</i> En operaciones de llenado y manejo de botellas de gas licuado, se deben emplear guantes, traje y calzado antistático; es aconsejable, en estas operaciones el empleo de gafas o mascarillas protectoras, para evitar posibles proyecciones. Equipos de trabajo y herramientas antichispa. La limpieza y mantenimiento de los recipientes debe ser realizado por personal cualificado bajo las normas de seguridad existentes (asegurarse de que los contenedores están vacíos y exentos de vapores antes de realizar cualquier inspección, la cual será efectuada por personal especializado). No soldar o cortar cerca de los contenedores. <i>Uso Específico:</i> Combustible.
Almacenamiento: <i>Temperatura y productos de descomposición:</i> Almacenar el producto a una temperatura inferior a 40°C <i>Reacciones peligrosas:</i> Producto extremadamente inflamable y combustible. El líquido tiene una marcada tendencia a almacenar electricidad estática cuando se transporta por tubería. <i>Condiciones de almacenamiento:</i> Guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados. Mantener los recipientes en lugar fresco y ventilado, alejados del calor y de fuentes de ignición. Mantener los recipientes alejados de oxidantes fuertes. Es recomendable el uso de detectores de gas. <i>Materiales incompatibles:</i> Agentes oxidantes.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL	
Equipos de protección personal:	<i>Protección ocular:</i> Gafas de seguridad cerradas. Llavajos.
<i>Protección respiratoria:</i> Máscara de protección respiratoria en presencia de vapores o equipo autónomo en altas concentraciones.	
<i>Protección cutánea:</i> Guantes de PVC. Calzado de seguridad antistático resistente a productos químicos.	<i>Otras protecciones:</i> Duchas en el área de trabajo.
Precauciones generales: Evitar el contacto con el producto licuado y la inhalación del gas. Las ropas contaminadas de gas licuado deben ser mezcladas rápidamente para evitar las irritaciones y el riesgo de inflamación, y ser retiradas si no están adheridas a la piel.	
Prácticas higiénicas en el trabajo: No fumar, comer ni beber en zonas donde se manipule o almacene gas licuado. Seguir las medidas de cuidado de cuidado e higiene de la piel, lavando con agua y jabón frecuentemente y aplicando cremas protectoras.	
Controles de exposición:	
Son poco detectables por el olor en el aire, cuando no están odorizados.	
Propileno:	
TLV/TWA (ACGIH)/ VLA (INSH): 1000 ppm	
Benceno:	
TLV/TWA (ACGIH)/ VLA (INSH): 1000 ppm	
REL/TWA (NIOSH): 800 ppm	
MAK: 1000 ppm	
Acetona:	
TLV/TWA (ACGIH)/ VLA (INSH): 1000 ppm	
REL/TWA (NIOSH): 1000 ppm	
PEL/TWA (OSHA): 1000 ppm	
MAK: 1000 ppm	
IDLH (Nivel inmediatamente peligroso para la salud y la vida): 2100 ppm	

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Aspecto: Gas licuado.	pH: NP
Color: Incoloro.	Olor: Característico, reforzado por derivados sulfurados.
Punto de ebullición:	Punto de fusión/congelación:
-42.2 - -11.6 °C	-183.89 °C
Punto de inflamación/Inflamabilidad:	Autoinflamabilidad: >400 °C (>752°F)
-135 °C	
Propiedades explosivas: Límite inferior explosivo: 1.5 % Límite superior explosivo: 9 %	Propiedades comburentes: NP
Presión de vapor: 2.1-3.4 atm.	Densidad:
	NP
Tensión superficial: 15 dinas/cm a 0 °C (gas licuado)	Viscosidad:
Densidad de vapor: 1.6 (aire: 1)	Coef. reparto (n-octanol/agua): log K _{ow} : 2.36-2.89
Hidro-solubilidad: Insoluble.	Solubilidad: En disolventes orgánicos.
Otros datos:	
-	

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

8.CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL.	
Equipos de protección personal:	<i>Protección ocular:</i> Gafas de seguridad cerradas. Llavajeros.
<i>Protección respiratoria:</i> Máscara de protección respiratoria en presencia de vapores o equipo autónomo en altas concentraciones.	
<i>Protección cutánea:</i> Guantes de PVC. Calzado de seguridad antistático resistente a productos químicos.	<i>Otras protecciones:</i> Duchas en el área de trabajo.
Precauciones generales: Evitar el contacto con el producto licuado y la inhalación del gas. Las ropas contaminadas de gas licuado deben ser lavadas separadamente para evitar las irritaciones y el riesgo de inflamación, y ser retiradas si no están adheridas a la piel.	
Prácticas higiénicas en el trabajo: No fumar, comer ni beber en zonas donde se manipule o almacene gas licuado. Seguir las medidas de cuidado de cuidado e higiene de la piel, lavando con agua y jabón frecuentemente y aplicando cremas protectoras.	
Controles de exposición:	
Son poco detectables por el olor en el aire, cuando no están odorizados.	
Propileno:	
TLV/TWA (ACGIH) VLA (INSHT): 1000 ppm	
Butano:	
TLV/TWA (ACGIH) VLA (INSHT): 1000 ppm	
REL/TWA (NIOSH): 800 ppm	
MAK: 1000 ppm	
Propano:	
TLV/TWA (ACGIH) VLA (INSHT): 1000 ppm	
REL/TWA (NIOSH): 1000 ppm	
PEL/TWA (OSHA): 1000 ppm	
MAK: 1000 ppm	
IDLH (Nivel inmediatamente peligroso para la salud y la vida): 2100 ppm	

9.PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Aspecto: Gas licuado.	pH: NP
Color: Incoloro.	Olor: Característico, reforzado por derivados sulfurados.
Punto de ebullición:	Punto de fusión/congelación:
-42.2 - -11.6 °C	-183.89 °C
Punto de inflamación/Inflamabilidad:	Autoinflamabilidad: >400 °C (>752°F)
-135 °C	Propiedades comburentes: NP
Propiedades explosivas: Límite inferior explosivo: 1.5 % Límite superior explosivo: 9 %	Densidad:
Presión de vapor: 2.1-8.4 atm.	NP
Tensión superficial: 15 dinas/cm a 0 °C (gas licuado)	Viscosidad:
Densidad de vapor: 1.6 (aire: 1)	Coef. reparto (n-octanol/agua): log K _{ow} : 2.36-2.89
Hidrosolubilidad: Insoluble.	Solubilidad: En disolventes orgánicos.
Otros datos:	

10.ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Estabilidad: Estable en condiciones normales. Extremadamente inflamable y combustible.	Condiciones a evitar: Exposición a flamas, chispas, calor y electricidad estática. Exposición al aire.
Incompatibilidad: Oxidantes fuertes.	
Productos de combustión/decomposición peligrosos: CO ₂ , H ₂ O, CO (en caso de combustión incompleta).	
Riesgo de polimerización: En presencia de productos olefínicos y acetilénicos (etil y vinil acetileno).	Condiciones a evitar: Elevadas temperaturas.

11.INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	
Vías de entrada: La inhalación es la ruta más frecuente de exposición. También por contacto con la piel y ojos del gas licuado.	
Efectos agudos y crónicos: El producto es un gas asfixiante simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central. En contacto con los ojos y la piel, puede producir quemaduras por congelación.	
CL ₅₀ (butano): 658 g/m ³ 4h (inhalación-rata) - 27.7% vol. en aire.	
Carcinogenicidad: No presenta.	
Toxicidad para la reproducción: No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.	
Condiciones médicas agravadas por la exposición: No suministrar epinefrina u otras aminas simpaticomiméticas.	

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA	
Forma y potencial contaminante:	<p><i>Persistencia y degradabilidad:</i> El producto se encuentra en fase gaseosa en el aire a temperatura ambiente. La biodegradación del producto puede ocurrir en suelos y agua, siendo la volatilización el proceso más importante. La vida media de evaporación del compuesto en aguas continentales se ha estimado en 2.2 h (ríos) y 2.6 días (lagos). La reacción con radicales hidroxilo (vida media 6 días) y las reacciones químicas nocturnas con especies radicales y óxidos de nitrógeno, pueden contribuir a la transformación atmosférica del producto.</p> <p><i>Movilidad/Bioacumulación:</i> El producto presenta una movilidad en suelo de baja a media. El factor de bioconcentración (log FBC) para el producto ha sido estimado en el rango de 1.78 a 1.97 lo que indica que la bioconcentración en organismos acuáticos no es importante.</p>
Efecto sobre el medio ambiente:	No se dispone de datos ecotoxicológicos. Las propiedades físicas indican que el producto se volatiliza rápidamente en ambientes acuáticos. La combustión de la gasolina es el mayor mecanismo de liberación del producto a la atmósfera.
13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN	
Métodos de eliminación de la sustancia (excedentes):	Dada la naturaleza altamente volátil del producto y los usos a los que normalmente se destina, no suelen existir excedentes de GLP.
Residuos:	<p><i>Eliminación:</i> NP</p> <p><i>Manipulación:</i> NP</p> <p><i>Disposición:</i> Los establecimientos y empresas que se dedican a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir las disposiciones existentes relativas a la gestión de residuos u otras disposiciones municipales, provinciales y/o nacionales en vigor.</p>
15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA	
CLASIFICACIÓN:	ETIQUETADO
	Símbolo: F+
F+; R12	Frasas R: R12: Extremadamente inflamable.
	Frasas S: S9: Conserve el recipiente en lugar bien ventilado. S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar. S33: Evite la acumulación de cargas electrostáticas.
Otras regulaciones:	El producto está listado en el Inventario Químico TSCA (EPA)

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Peróxido de dicumilo

PERÓXIDO DE DICUMILO		ICSC: 1346 (Octubre 1999)	
Peróxido de bis(1-fenil-1-metil)etil Peróxido de bis(alfa-alfa-dimetilbencilo) Peróxido de diisopropilbencilo CAS: 80-43-3 N° ONU: 3110 CE: 201-279-3			
INCIENSO Y EXPLOSIÓN	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
	Combustible. Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.	Evitar las llamas. Sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión de polvo. Evitar el depósito del polvo.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma, dióxido de carbono.
¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO!			
Inhalación	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
	Tos. Dolor de garganta.	Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo.
Ojos	Enrojecimiento.	Utilizar gafas de protección o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado. Si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: respirador con filtro P2 para partículas nocivas.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU	
ALMACENAMIENTO		Transporte: Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 5.2; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II	
A prueba de incendio. Separado de sustancias combustibles, reductores, oxidantes fuertes, ácidos fuertes, bases y metales pesados. Enfrío. Mantener en la oscuridad. Bien cerrado. Mantener en atmósfera inerte.			
ENVASADO			
 La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018		 European Commission	
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA			
Estado físico: aspecto POLVO DE AMARILLO A BLANCO CRISTALINO.		Fórmula: $C_{15}H_{22}O_2 / (C_6H_5C(CH_3)_2O)_2$ Masa molecular: 270.4 Se descompone a 130°C Punto de fusión: -39°C Densidad: 1.0 g/cm ³ Solubilidad en agua: ninguna Densidad relativa de vapor (aire = 1): 9.3 Punto de inflamación: 71°C c.c. Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 5.5	
Peligros físicos Peligros químicos Se descompone rápidamente por calentamiento. Se descompone rápidamente bajo la influencia de la luz. Esto genera peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con ácidos, bases, agentes reductores y metales pesados.			
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD			
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol. Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.		Riesgo de inhalación La evaporación a 20°C es despreciable, sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa. Efectos de exposición prolongada o repetida	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL			
MEDIO AMBIENTE			
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos. Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia en peces.			
NOTAS			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 617-006-00-X - Clasificación UE Pictograma: O, Xi, N, R: 7-36/38-51/53; S: (2)-3/7-14-36/37/39-61			
 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL insst Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español. INSST, 2018	

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Propano

PROPANO		IC SC: 0319 (Noviembre 2003)	
n-Propano CAS: 74-98-6 Nº ONU: 1978 CE: 200-827-9			
	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilicé herramientas manuales no generadoras de chispas.	Cortar el suministro, si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Utilizar pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro Consultar a un experto Protección personal: equipo autónomo de respiración. Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU	
ALMACENAMIENTO		Transporte	
A prueba de incendio. Fresco.		Clasificación ONU	
ENVASADO		Clase de Peligro ONU: 2.1	
 <p>La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018</p>		 <p>European Commission</p>	
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA			
Estado físico; aspecto GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO.		Fórmula: C ₃ H ₈ / CH ₃ CH ₂ CH ₃ Masa molecular: 44.1 Punto de ebullición: -42°C Punto de fusión: -189.7°C Densidad relativa (agua = 1): 0.5 Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C: 0.007 Presión de vapor, kPa a 20°C: 840 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6 Punto de inflamación: -104°C Temperatura de autoignición: 450°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.1-9.5 Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.36	
Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.			
Peligros químicos			
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD			
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.		Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.	
Efectos de exposición de corta duración La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.		Efectos de exposición prolongada o repetida	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL			
MAK: 1800 mg/m ³ , 1000 ppm; categoría de limitación de pico: III(4); riesgo para el embarazo: grupo D			
MEDIO AMBIENTE			
NOTAS			
Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte.			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
- Límites de exposición profesional (INSST 2022): VLA-ED (Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1-C4) y sus mezclas, gases): 1000 ppm - Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-003-00-5 - Clasificación UE Pictograma: F+; R: 12; S: (2)-9-16			
 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>		 <p>insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	
		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018	

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Propileno

PROPILENO Metilileno Propeno Metilileno CAS: 115-07-1 N° ONU: 1077 CE: 204-062-1	IC SC: 0559 (Noviembre 1998)
---	------------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido.	Cortar el suministro, si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono. En caso de incendio, mantener fría la botella rociando con agua. NO poner en contacto directo con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SINTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Somnolencia, Asfixia. Ver Notas.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Ver Piel.	Utilizar gafas de protección de montura integral o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro Consultar a un experto Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Fresco.	Transporte
ENVASADO	Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.1



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico: aspecto GAS INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO. Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Como resultado del flujo, agitación, etc. se pueden generar cargas electrostáticas. Peligros químicos Reacciona violentamente con oxidantes. Esto genera peligro de incendio y explosión.	Fórmula: C ₃ H ₆ / CH ₂ CHCH ₃ Masa molecular: 42.1 Punto de ebullición: -48°C Punto de fusión: -185°C Densidad relativa (agua = 1): 0.5 Solubilidad en agua: escasa Presión de vapor, kPa a 25°C: 1158 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.5 Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 450°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.4-10.3 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.77

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación. Efectos de exposición de corta duración La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición podría causar disminución del estado de alerta. Ver Notas.	Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire. Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 500 ppm como TWA; A4 (no clasificado como cancerígeno humano)

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2022): VLA-ED: 500 ppm - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-011-00-9 - Clasificación UE: Pictograma: F+, R, 12, S, (2)-9-16-33



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

ANEXO 2:

LISTA DE CODIFICACIÓN DE CORRIENTES

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

Anexo 2: Lista de codificación de corrientes

Codificación	Denominación
1	Propano-Propileno
2	Benceno fresco
3	Mezcla benceno
4 – 5	Mezcla materia prima
6 – 7 – 8	Corriente reacción alquilación
9 – 11	Corriente gaseosa de F – 101
10 – 14	Corriente líquida de F – 101
12	Corriente gaseosa de F – 102
13	Corriente líquida de F – 102
15	Mezcla de corrientes líquidas de F – 101 y F – 102
16	Benceno recuperado
17	Mezcla Cumeno/DIPB
18	Cumeno
19	DIPB
24 – 25	Cumeno - mezcla
26 – 27	Mezcla de productos de R - 201
28	Corriente gaseosa de F – 202
29	Corriente líquida de F – 202
30 – 31	Mezcla de productos de R – 202
32	Corriente gaseosa de F – 203
33	Corriente líquida de F – 203
34 – 35	Mezcla de productos de R – 203
36	Corriente gaseosa de F – 204
37 – 47	Corriente líquida de F – 204
38 – 39	Mezcla de corrientes gaseosas
40	Corriente gaseosa de F – 201
41	Corriente líquida de F – 201
42 – 43 – 44 – 45 – 46	Aire comprimido
48	Corriente gaseosa de F – 205
49	Corriente líquida de F – 205
50	Salida de condensador CC - 201

Avaro, Valentin; Bruno, Sofía; Peano, Emanuel M.; Saab, Emanuel D.

PRODUCCIÓN DE ACETONA Y FENOL A PARTIR DE BENCENO Y PROPILENO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química – Año 2023

51 – 52	Salida de rehervidor RC - 201
53 – 54	Mezcla de cumeno
40 – 55	Off - Gas
56	Cumeno recirculado
57	Mezcla de cumeno recirculado
58 – 84	Vapor
59 – 82	Condensado
20 – 21 – 22 – 23 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 65 – 66 – 67 – 68 – 69 – 70 – 71	Agua de enfriamiento
72 – 73	Mezcla de productos de R – 301
74	Salida de condensador CC – 301
75	Salida de rehervidor RC – 301
76	Fenol comercial
77	Alquitrán de fenol
78	Acetona comercial
79	Mezcla AMS/Cumeno
80	AMS
81	Cumeno a recircular

ANEXO 3:

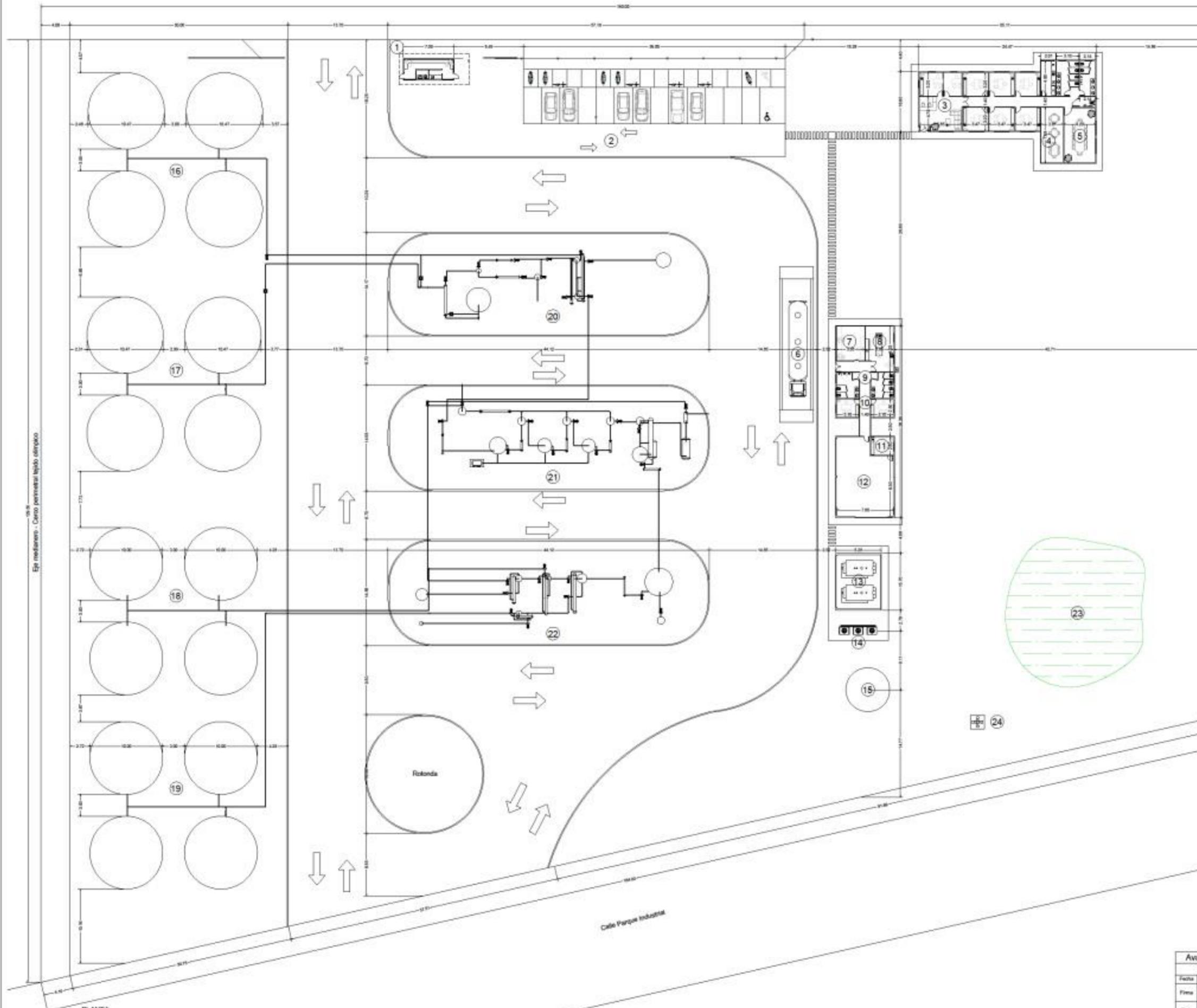
PLANOS



Ubicación Parque Industrial Sin Escala



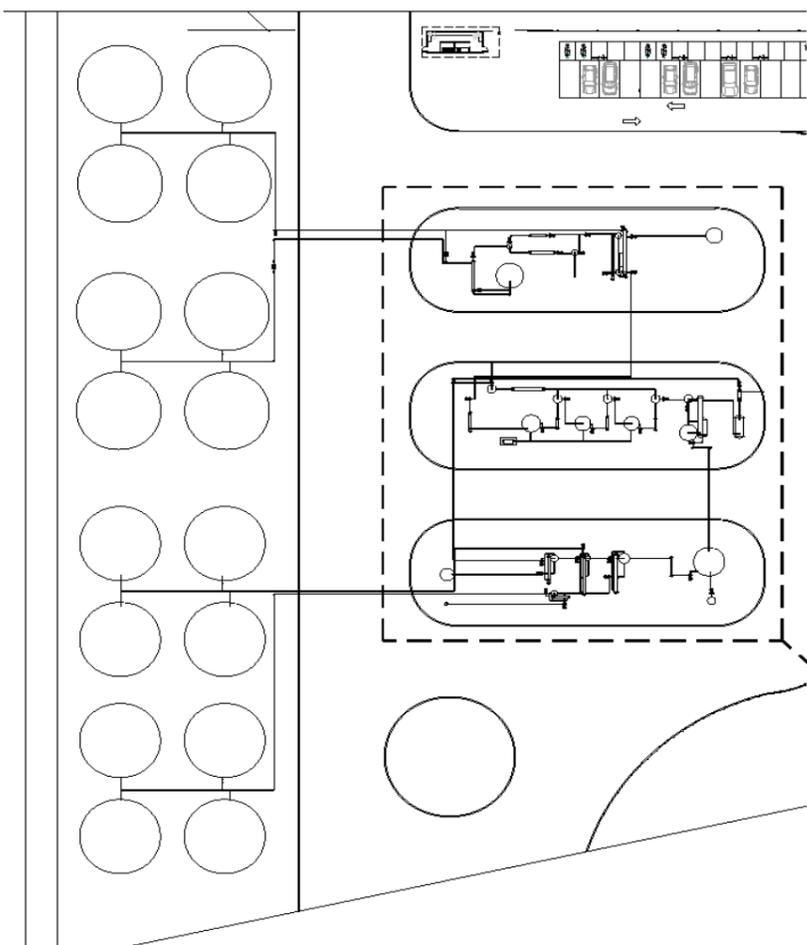
Ubicación Terreno dentro del parque Sin Escala



REFERENCIAS:

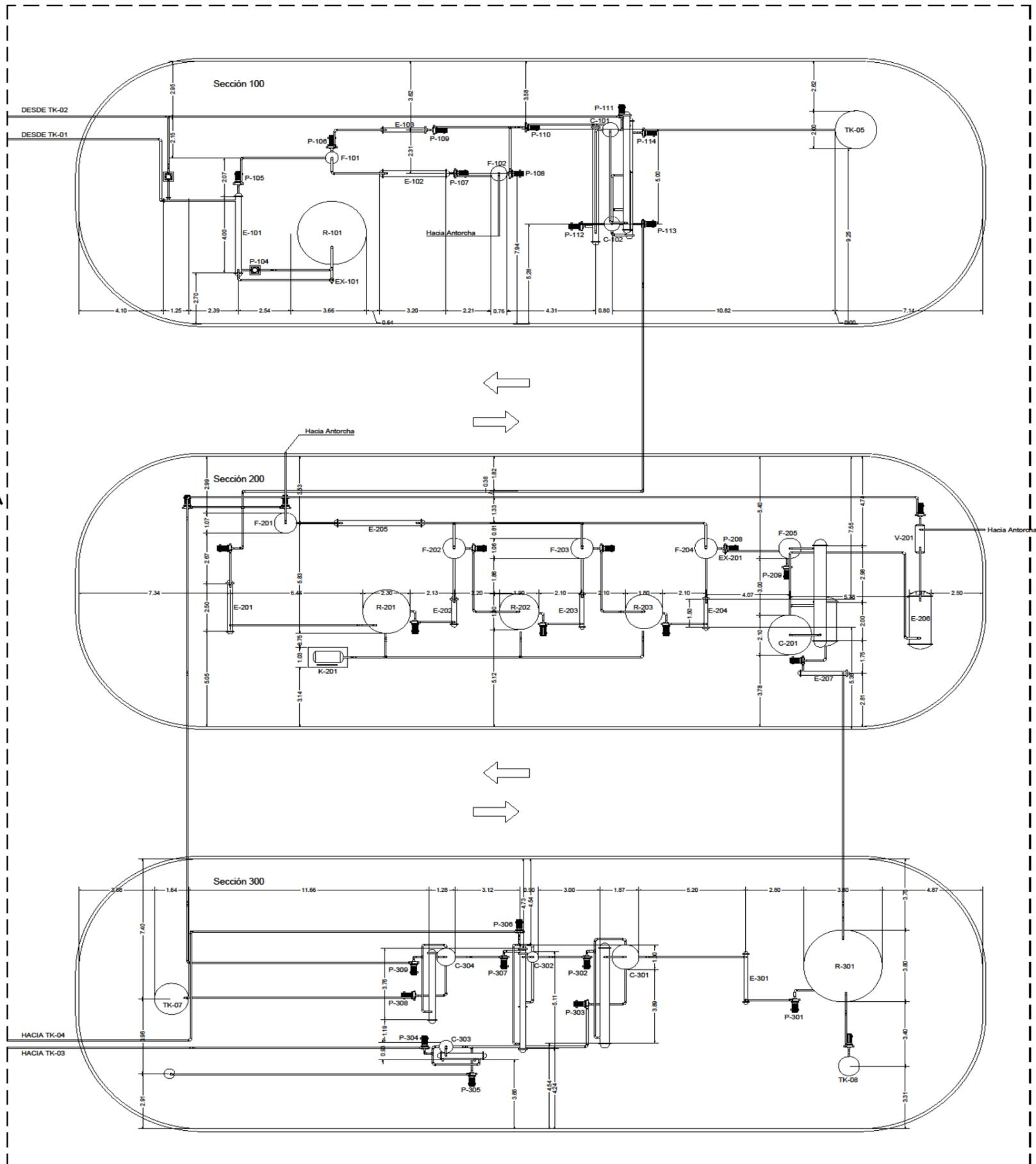
- 01: Puerta
- 02: Estacionamiento
- 03: Oficinas administrativas
- 04: Comedor
- 05: Sala de reuniones
- 06: Balanza
- 07: Sala de control
- 08: Laboratorio
- 09: Sanitarios y vestuarios
- 10: Oficinas Producción
- 11: Oficina Jefe de Mantenimiento
- 12: Taller
- 13: Calderas
- 14: Tomas de enfriamiento
- 15: Tanques de almacenamiento de agua
- 16: Tanques TK-02 (Benceno)
- 17: Tanques TK-01 (Propano-Propileno)
- 18: Tanques TK-04 (Acetona comercial)
- 19: Tanques TK-03 (Fenol comercial)
- 20: Sección 100
- 21: Sección 200
- 22: Sección 300
- 23: Laguna tratamiento de efluentes
- 24: Antorcha con filtros de carbón activado

Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Por		
DISTRIBUCIÓN GENERAL		Plano nº 1



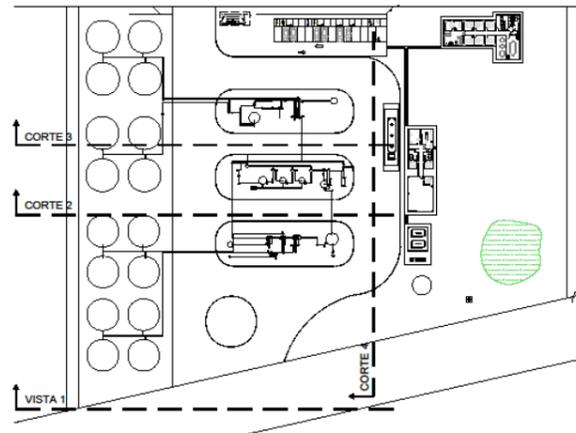
PLANTA
Esc.: 1-400

DENOMINACION	EQUIPO
TK-01	Tanque de almacenamiento de benceno fresco
TK-02	Tanque de almacenamiento de propano - propileno
TK-03	Tanque de almacenamiento de fenol comercial
TK-04	Tanque de almacenamiento de acetona comercial
TK-05	Tanque de almacenamiento de DIPB
TK-06	Tanque de almacenamiento de alquitran de fenol
TK-07	Tanque de almacenamiento de AMS
TK-08	Tanque de almacenamiento de H ₂ SO ₄ al 98%
C-101	Columna de destilación de benceno
C-102	Columna de destilación de cumeno
C-201	Columna de destilación de HPC
C-301	Columna de destilación de separación fenol-acetona
C-302	Columna de destilación de acetona comercial
C-303	Columna de destilación de fenol comercial
C-304	Columna de destilación de AMS
E-101	Intercambiador de calor
E-102	Intercambiador de calor
E-103	Intercambiador de calor
E-201	Intercambiador de calor
E-202	Intercambiador de calor
E-203	Intercambiador de calor
E-204	Intercambiador de calor
E-205	Intercambiador de calor
E-206	Intercambiador de calor
E-207	Intercambiador de calor
E-301	Intercambiador de calor
R-101	Reactor de alquilación
R-201	Reactor de oxidación
R-202	Reactor de oxidación
R-203	Reactor de oxidación
R-301	Reactor de escisión
M-102	Mezclador benceno-propano-propileno
EX-101	Válvula reguladora de presión
EX-201	Válvula reguladora de presión
F-101	Destilador flash
F-102	Destilador flash
F-201	Destilador flash
F-202	Destilador flash
F-203	Destilador flash
F-204	Destilador flash
F-205	Destilador flash
V-201	Separador
K-201	Compresor
P-n°	Bomba número

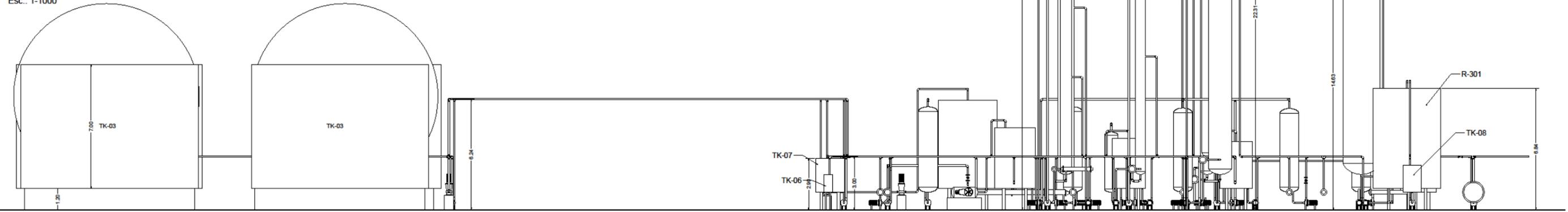


DETALLE SECTORES DE PRODUCCIÓN
Esc.: 1-100

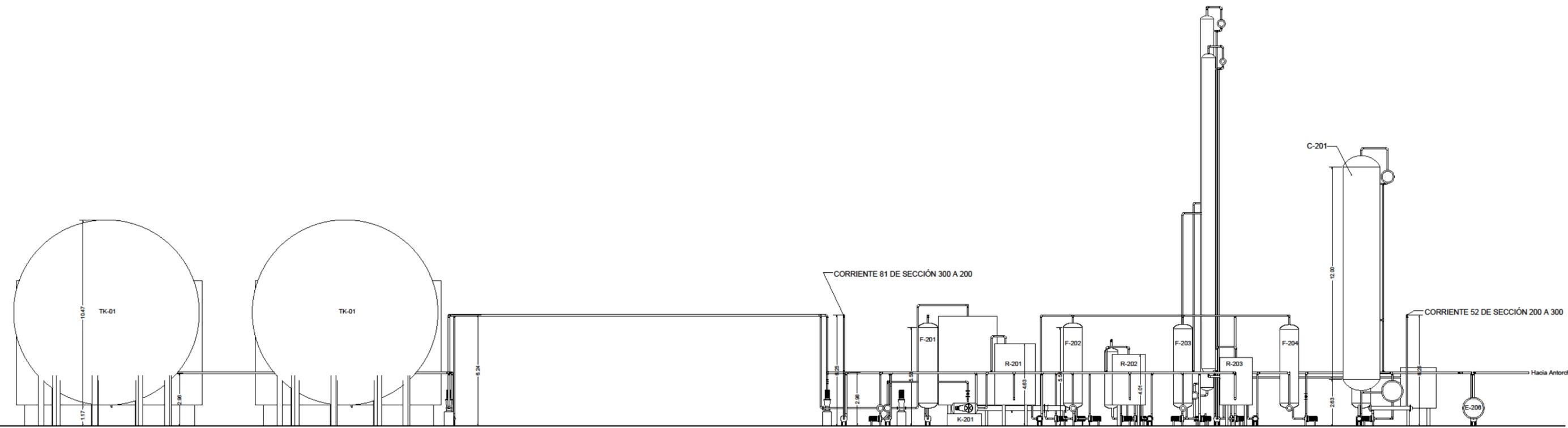
Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc. 1-400 1-100		DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS
		Plano nº 2



PLANTA
Esc.: 1-1000

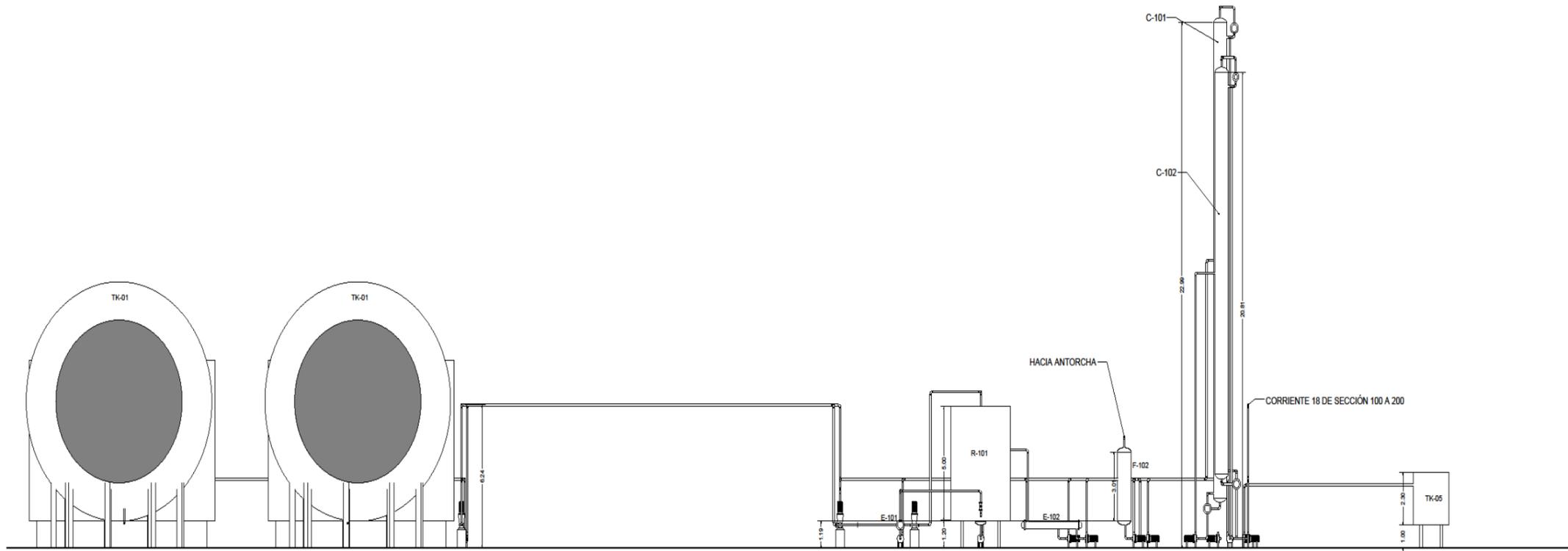


VISTA 1
Esc.: 1-100

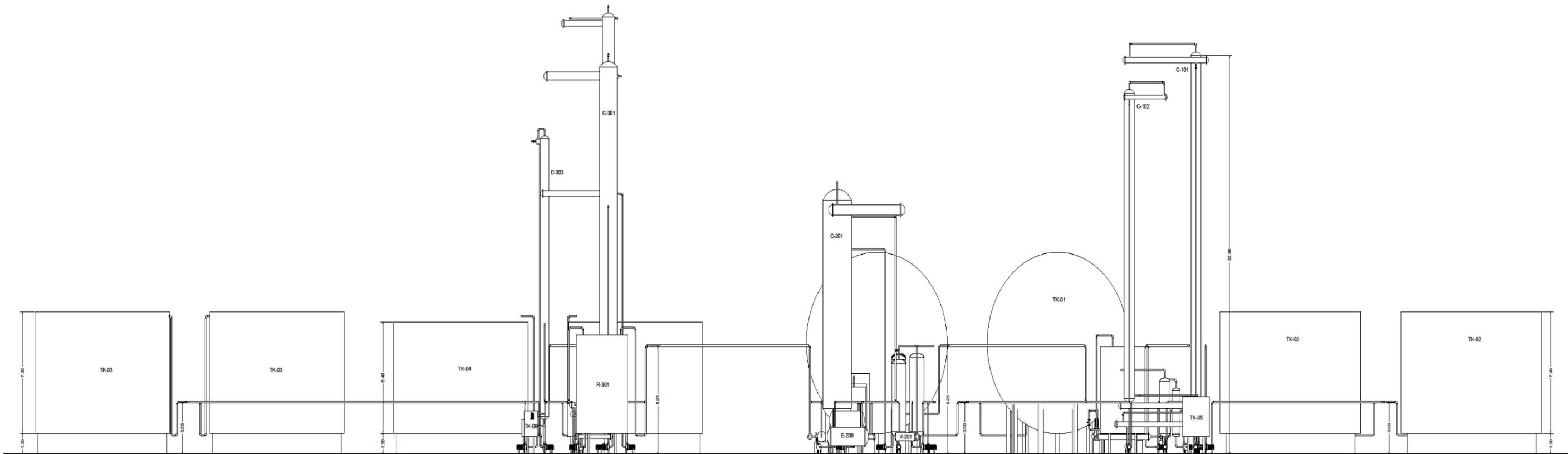
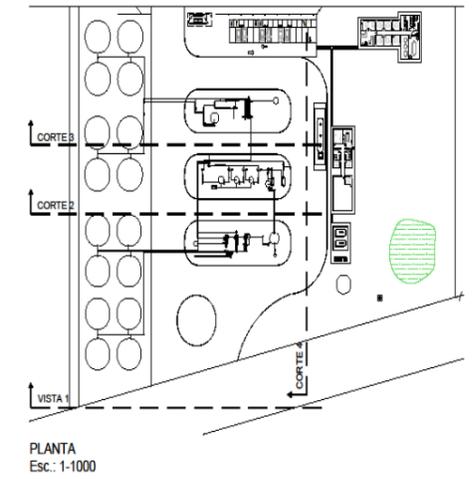


CORTE 2
Esc.: 1-100

Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María	Esc. 1-100 	CORTES Y ELEVACIONES	Plano nº 3 A	
Fecha	Dibujado					Aprobado
Firma						

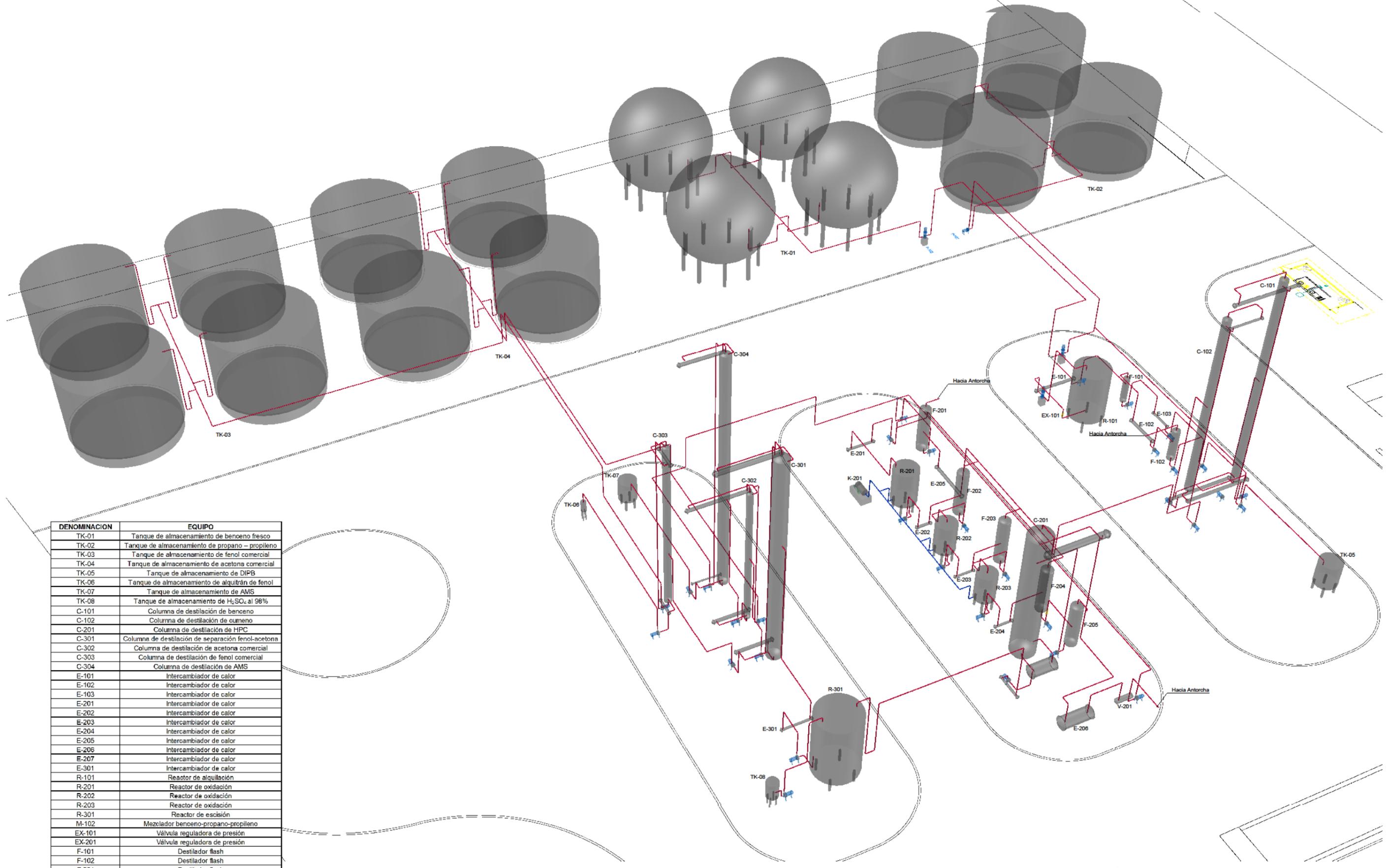


CORTE 3
Esc.: 1-100



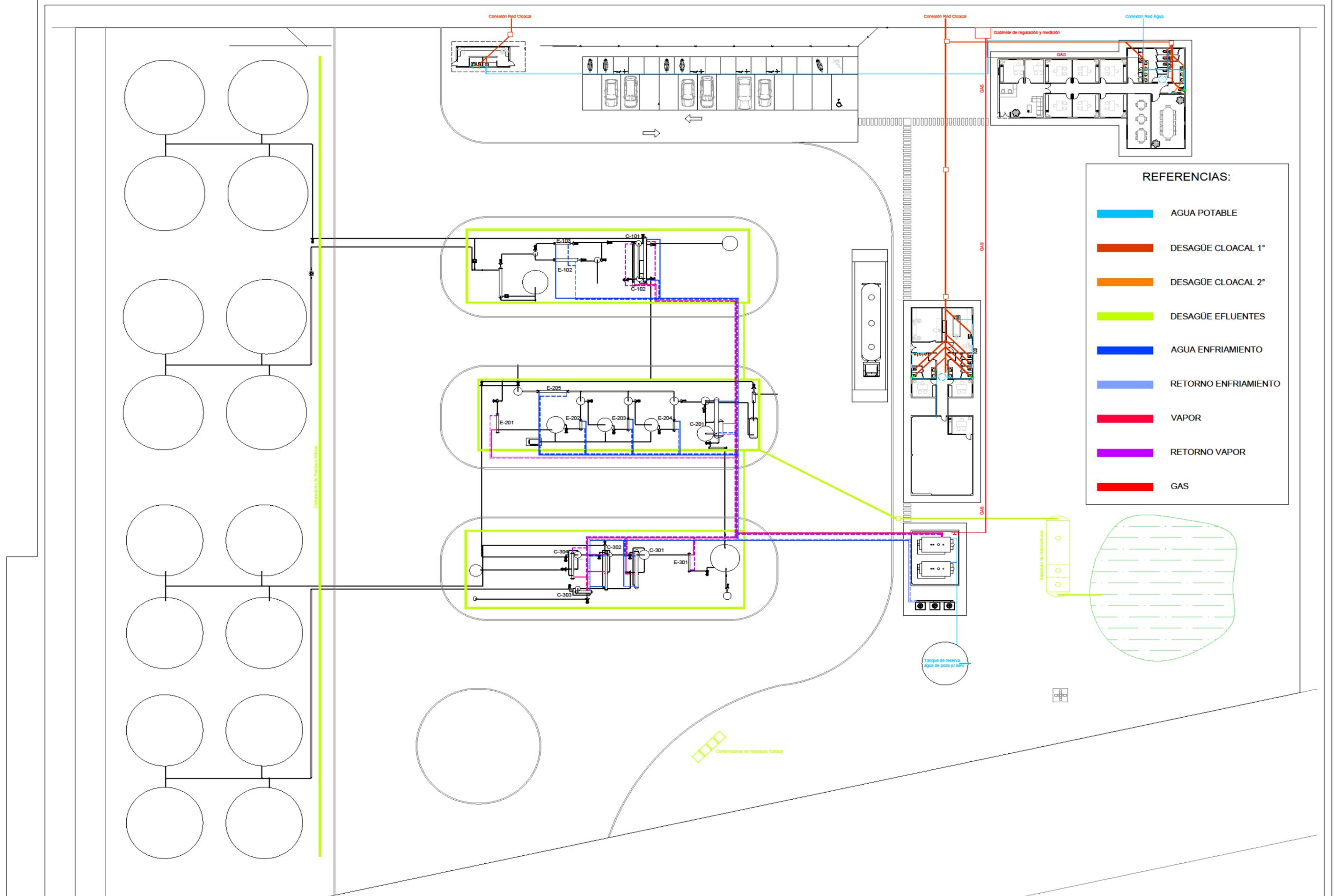
CORTE 4
Esc.: 1-100

Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc. 1-100		CORTES Y ELEVACIONES
		Plano nº 3 B



DENOMINACION	EQUIPO
TK-01	Tanque de almacenamiento de benceno fresco
TK-02	Tanque de almacenamiento de propano - propileno
TK-03	Tanque de almacenamiento de fenol comercial
TK-04	Tanque de almacenamiento de acetona comercial
TK-05	Tanque de almacenamiento de DIPB
TK-06	Tanque de almacenamiento de alquitrán de fenol
TK-07	Tanque de almacenamiento de AMS
TK-08	Tanque de almacenamiento de H ₂ SO ₄ al 98%
C-101	Columna de destilación de benceno
C-102	Columna de destilación de cumeno
C-201	Columna de destilación de HPC
C-301	Columna de destilación de separación fenol-acetona
C-302	Columna de destilación de acetona comercial
C-303	Columna de destilación de fenol comercial
C-304	Columna de destilación de AMS
E-101	Intercambiador de calor
E-102	Intercambiador de calor
E-103	Intercambiador de calor
E-201	Intercambiador de calor
E-202	Intercambiador de calor
E-203	Intercambiador de calor
E-204	Intercambiador de calor
E-205	Intercambiador de calor
E-206	Intercambiador de calor
E-207	Intercambiador de calor
E-301	Intercambiador de calor
R-101	Reactor de alquilación
R-201	Reactor de oxidación
R-202	Reactor de oxidación
R-203	Reactor de oxidación
R-301	Reactor de escisión
M-102	Mezclador benceno-propano-propileno
EX-101	Válvula reguladora de presión
EX-201	Válvula reguladora de presión
F-101	Destilador flash
F-102	Destilador flash
F-201	Destilador flash
F-202	Destilador flash
F-203	Destilador flash
F-204	Destilador flash
F-205	Destilador flash
V-201	Separador
K-201	Compresor
P-n°	Bomba número

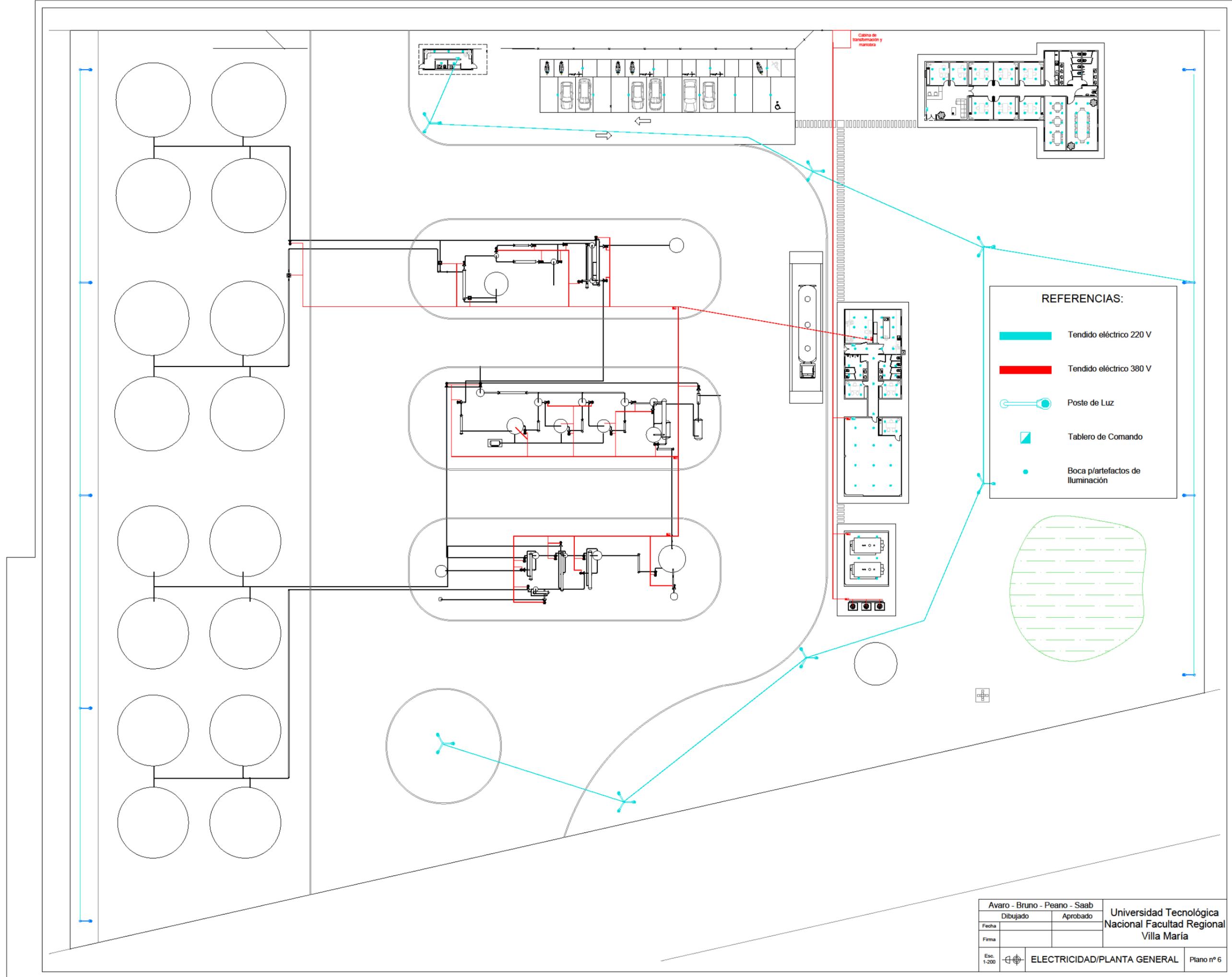
Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc.		PERSPECTIVA
		Plano n° 4



REFERENCIAS:

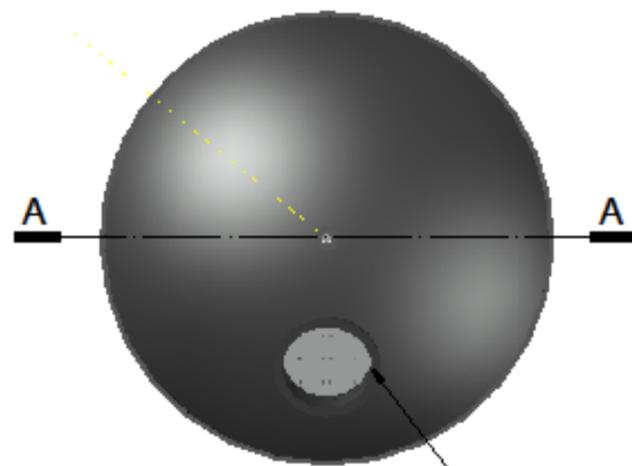
	AGUA POTABLE
	DESAGÜE CLOACAL 1°
	DESAGÜE CLOACAL 2°
	DESAGÜE EFLUENTES
	AGUA ENFRIAMIENTO
	RETORNO ENFRIAMIENTO
	VAPOR
	RETORNO VAPOR
	GAS

Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		SERVICIOS VARIOS
Firma		
Esc. 1-200		Piano nº 5

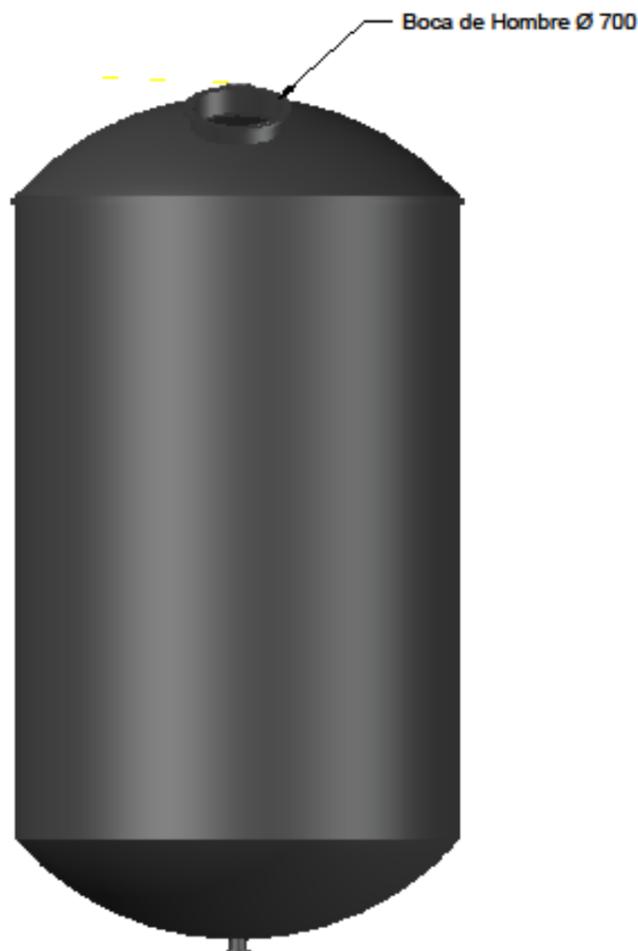


- REFERENCIAS:**
- Tendido eléctrico 220 V
 - Tendido eléctrico 380 V
 - Poste de Luz
 - ▣ Tablero de Comando
 - Boca p/artefactos de Iluminación

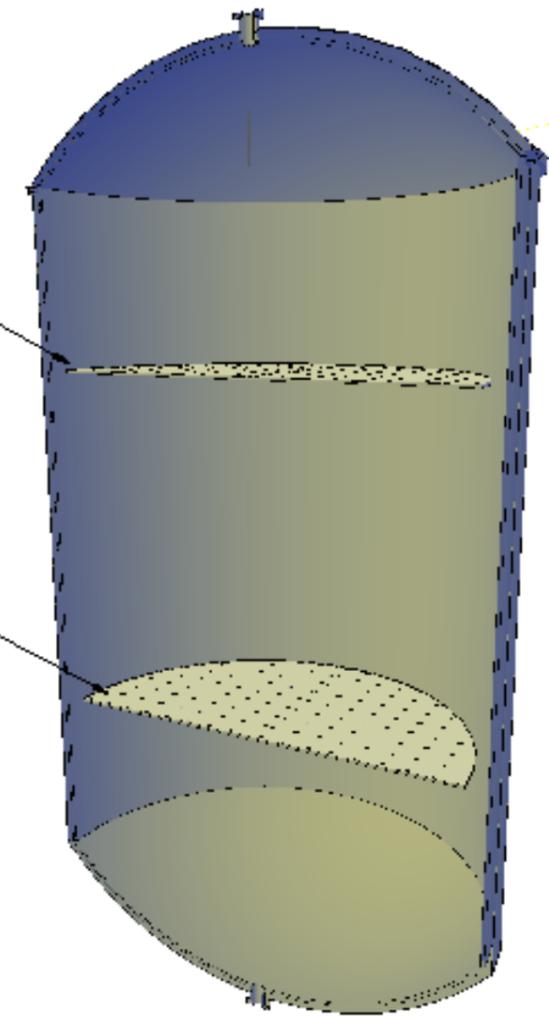
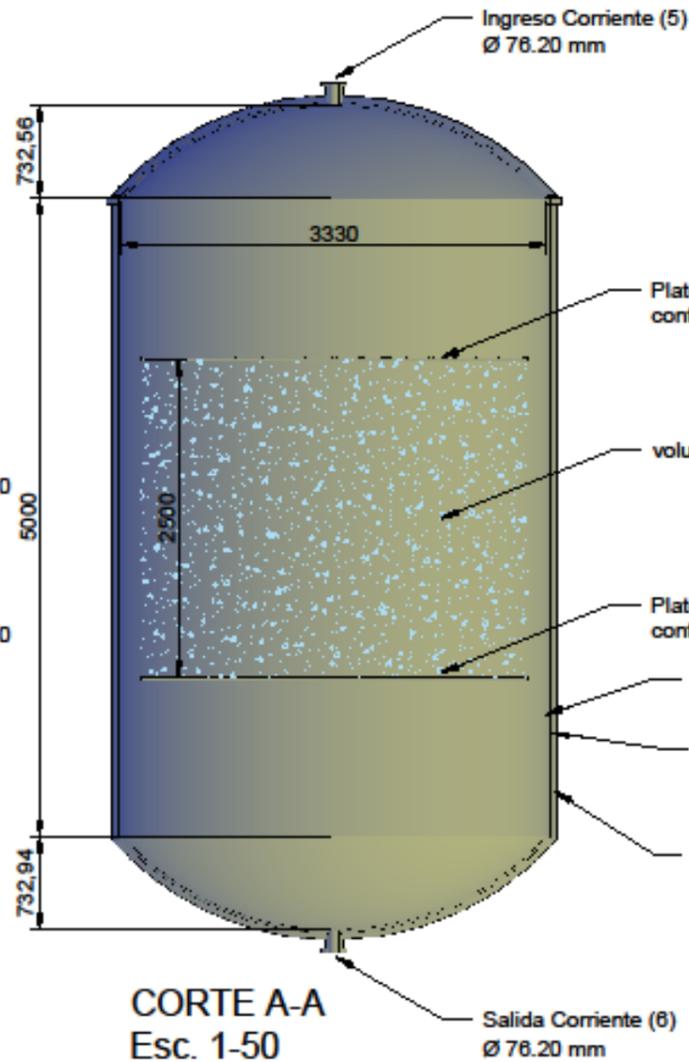
Avaro - Bruno - Peano - Saab		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc. 1:200		ELECTRICIDAD/PLANTA GENERAL Plano nº 6



VISTA SUPERIOR
Esc. 1-50



VISTA FRONTAL
Esc. 1-50

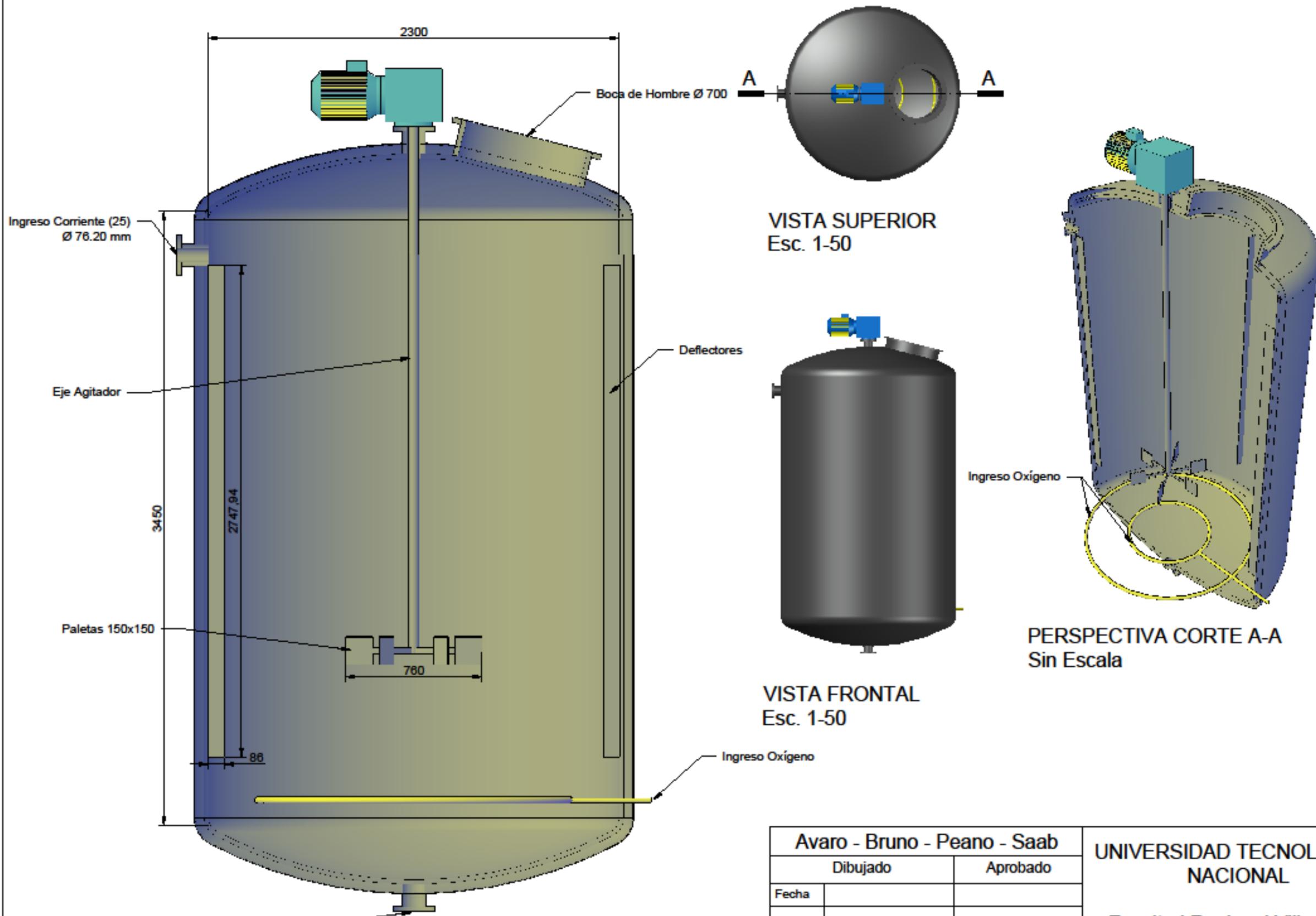


PERSPECTIVA CORTE A-A
Sin Escala

Nota:

- * todas las medidas expresadas están en milímetros
- * material de construcción Acero Inoxidable AISI 316

Avaro - Bruno - Peano - Saab		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL	
Dibujado	Aprobado		
Fecha		Facultad Regional Villa María	
Firma			
Esc.: 1-50		REACTOR DE ALQUILACIÓN	Plano n° 7



CORTE A-A
Esc. 1-20

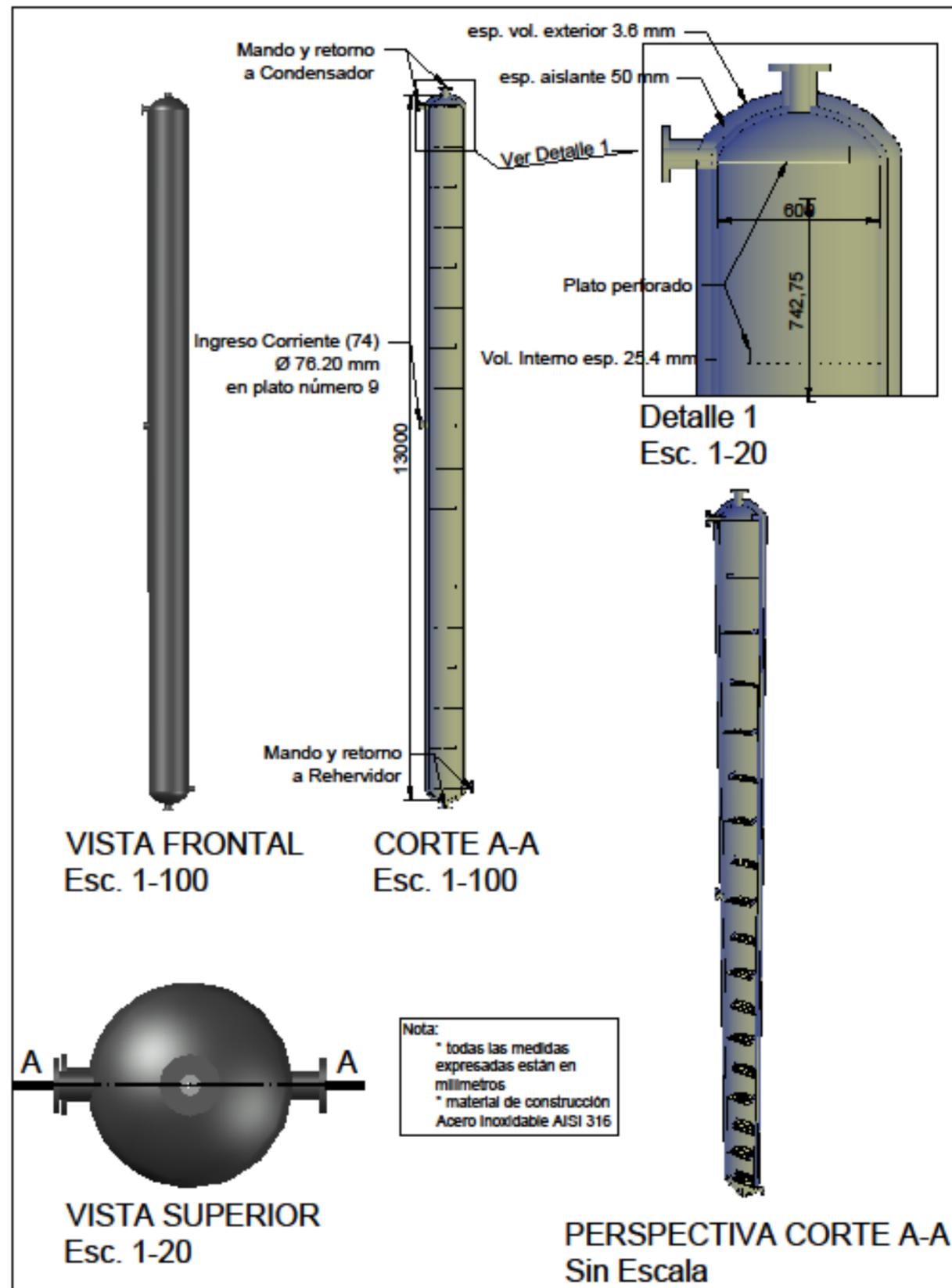
Nota:
 * todas las medidas expresadas están en milímetros
 * material de construcción Acero Inoxidable AISI 316

VISTA SUPERIOR
Esc. 1-50

VISTA FRONTAL
Esc. 1-50

PERSPECTIVA CORTE A-A
Sin Escala

Avaro - Bruno - Peano - Saab		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL	
Dibujado	Aprobado		
Fecha		Facultad Regional Villa María	
Firma			
Esc.: 1-50 1-20		REACTOR DE OXIDACIÓN	Plano n° 8



Avaro - Bruno - Peano - Saab		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL	
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma		Facultad Regional Villa María	
Esc.: 1-100 1-20		COLUMNA DE DESTILACIÓN 302	Plano n° 9

