

PROPILENGLICOL

Integración V
UTN Delta
2023

Profesores:

Musso, Juan Carlos

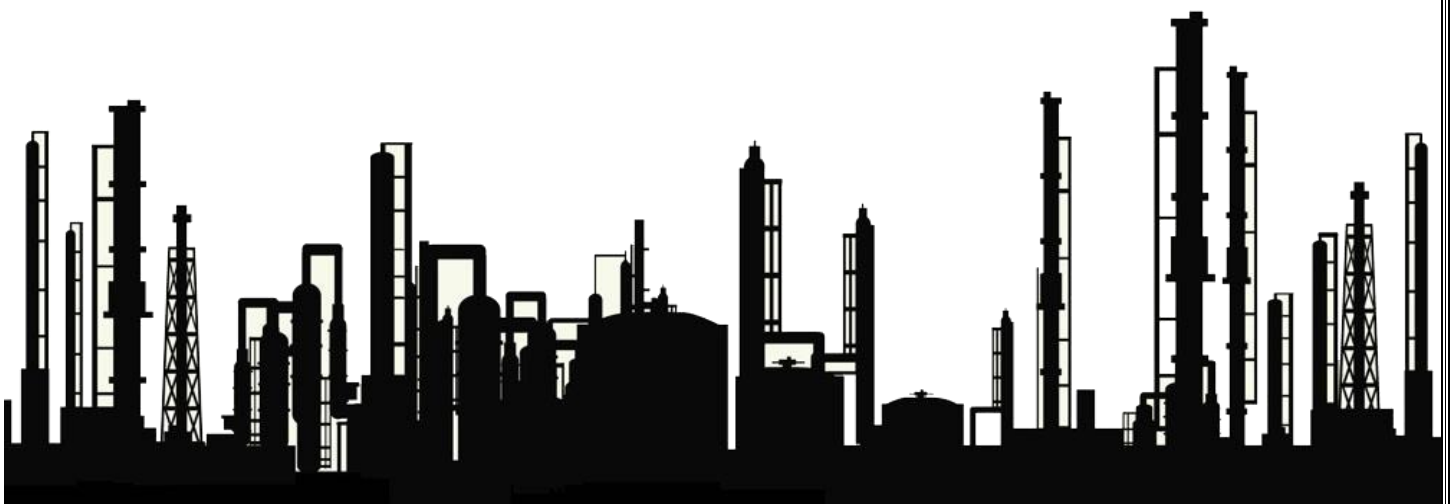
Tamburini, Mariano

Integrantes:

Baldovino, María Julieta

Moreira, Lucas Mauricio

Palacio, Magalí Monserrat



Agradecimientos...

Con mucha emoción queremos decir GRACIAS, en primer lugar, a la Institución que nos dio inspiración para cultivar los conocimientos, nuestra amada Universidad Tecnológica Nacional Delta y el equipo de docentes que nos apoyó en este camino de formación académica...

Gracias a nuestros familiares, parientes y amigos que supieron apoyarnos en nuestras largas épocas de estudio, sacrificio y dedicación, por entender que estábamos sembrando para obtener grandes frutos...

Iniciamos este camino con gran ilusión y tuvimos que armarnos de constancia, perseverancia y disciplina, y en el final de este período nos llevamos mucho más que un título de grado, sino también grandes amigos, aprendizajes y nuevas metas que cumplir para siempre estar creciendo y sumando en ésta hermosa comunidad...

Por último, y no menos importante, queremos agradecernos a nosotros mismos, por la resiliencia, el esfuerzo y la superación que supimos invertir en pos de nuestros sueños.

Magali Monserrat Palacio.

Maria Julieta Baldovino.

Lucas Mauricio Moreira.

Índice

Tabla de contenido

Capítulo 1: Introducción.

1.1 Fórmula y molécula	14
1.1.1 Definición	14
1.1.2 Propiedades.....	15
1.2 Reseña Histórica.....	15
1.3 Usos del PG.....	17
1.3.1 Calidades del PG	17
1.3.2 Usos Principales.....	18
1.3.3 Productos sustitutos.....	19
1.4 Obtención de PG	20
1.4.1 Hidrogenólisis para la obtención de propilenglicol.....	20
1.4.2 Ventajas de la obtención del propilenglicol a partir de la glicerina	20
1.5 Materias primas	21
1.5.1 Glicerol	21
1.5.2 Precio del Glicerol	22
1.5.3 Hidrógeno.....	23
1.5.4 Precio del Propilenglicol USP	24
1.6 Enfoque del Proyecto	24

Capítulo 2: Estudio de Mercado.

2.1 Definiciones.....	28
2.1.1 Demanda.	28
2.1.2 Proyección de la Demanda.....	29
2.2 Estructura del mercado local	29
2.2.1 Análisis de la demanda y Proyección	32
2.2.2 Consumo Aparente	33
2.3 Cálculo de la capacidad	36
2.4 GrossProfit.....	37
2.4.1 Balance de la empresa	38
2.5 Conclusiones y sustentos del PG “verde”	39

2.5.1 Argumentos de interés.....	39
2.5.2 Importancia de la comercialización de esta tecnología	40

Capítulo 3: Selección de Tecnología.

3.1 Hidrolisis de Oxido de Propileno (Proceso convencional).....	44
3.2 Hidrogenólisis catalítica del glicerol	45
3.3 Hidrogenólisis	46
3.4 Catalizadores	48
3.5 Condiciones de operación	52
3.6 Temperatura.....	52
3.7 Presión.....	54
3.8 Concentración de H ₂	54
3.9 Concentración de Glicerol.....	55
3.10 Tiempo de residencia y velocidad espacial de flujo	55
3.11 Los subproductos	56
3.12 Comparación de procesos.....	56

Capítulo 4: Localización de Planta.

4.1 Principales conglomerados industriales de Argentina	62
4.2 Comparación general de polos industriales	64
4.3 Zonas francas en Argentina	64
4.4 Cuadro comparativo general de zonas.....	65
4.4.1 Método cualitativo por puntos	69
4.4.2 Información adicional sobre el sitio elegido	71
4.5 Geografía.....	72
4.6 Conclusiones.....	74

Capítulo 5: Ingeniería de Procesos.

5.1 Descripción del Proceso.	76
5.1.1 - Zona 1: Refinación de Glicerina Cruda	76
5.2 DIAGRAMAS	88
5.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.....	88
5.2.2 DIAGRAMA DE PROCESO (Flowsheet).....	90
5.3 BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	95
5.3.1 Balance de la zona 1 – Refinado de Glicerina	95
5.3.2 Balance de la zona 2 – Reacción y acondicionado del PG	98

5.4 DISEÑO DE EQUIPOS	100
5.4.1 Diseño de Torre de Destilación T-101	100
5.4.2 Diseño de Reactor RX-01	110
5.5 DIAGRAMA DE CAÑERÍAS E INSTRUMENTOS	139
5.5.1 Diagrama P&ID	139
5.6 Instrumentación	141
5.6.1 Descripciones de los lazos de control	141
5.6.2 Cuadro descriptivo del funcionamiento de los lazos de control	150
5.7 LAYOUT	156
5.8 DIAGRAMA ISOMETRICO	164
5.8.1 Diseño de Sistema de Cañerías	164
5.8.2 Diagrama Isométrico	166
5.8.4 Selección de la bomba	184
5.8.5 Información de Fabricantes de bombas de engranajes	193
5.8.6 Consideraciones sobre arreglos generales, Tanques y tuberías sanitarias	198
5.8.7 Separaciones para Expansión Térmica y dilatación de cañerías	204
5.9 INSTALACION DE SERVICIOS AUXILIARES	206
5.9.1 Agua clarificada	206
5.9.2 Agua Purificada	206
5.9.3 Torre de enfriamiento	208
5.9.4 Gas natural	209
5.9.5 Caldera (vapor)	209
5.9.6 Sistema de generación eléctrica	210
5.9.7 Compresores (aire comprimido)	211
5.9.8 Antorcha	213
5.9.9 Tratamiento de Efluentes	214

Capítulo 6: Puesta en Marcha.

6.1 Introducción	218
6.2 Tareas previas a la puesta en marcha	219
6.2.1 Organización	219
6.2.2 Inspección	219
6.2.3 Testeo	219
6.2.4 Mantenimiento	219
6.3 Servicios Generales de Planta	220

6.3.1 Prueba hidráulicas y de Presión	220
6.3.2 Puesta a punto de bombas y compresores	221
6.4 Puesta en marcha de la planta	223
6.4.1 Puesta en marcha del Área de Refinación	224
6.4.2 Área de Reacción	228
6.4.3 Área de Acondicionamiento	231
6.4.4 Área de Envasado	238
6.5 Parada de Planta	238

Capítulo 7: Evaluación del impacto ambiental.

7.1 Marco referencia Legislativa relacionada al Medio Ambiente	242
7.2 Cumplimiento de las normas ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental	243
7.3 Prefactibilidad	245
7.4 Categorización del establecimiento. Nivel de complejidad ambiental	246
7.4.1 Análisis de los términos de la ecuación	247
7.4.2 Aptitud mecánica e Hidráulica.	251
7.4.3 Relevamiento del área de influencia	252
7.5 Residuos del proceso	257
7.5.1 Identificación y Planes de acciones de mitigación	257
7.5.2 Corrientes producidas	260
7.5.3 Precauciones en el venteo de Hidrógeno. Plan de monitoreo	262
7.5.4 Tratamiento de Agua Residual Industrial	263
7.6 Sector de tratamientos de residuos	265
7.6.1 Tratamiento de efluentes líquidos	265
7.6.2 (RREE) Residuos Especiales.	265
7.6.3 Residuos Patogénicos	266

Capítulo 8: Seguridad y salud ocupacional.

8.1 Introducción	270
8.2 Seguridad e Higiene durante la construcción de la Planta	271
8.2.1 Decreto 351/79 - Características constructivas.	273
8.2.2 Decreto 911/96-Reglamento de Higiene y Seguridad para la industria de la construcción	280
8.3 Prevención de Riesgos	285
8.3.1 Bocas de incendios o hidrantes exteriores	291
8.4 Mantenimiento de la operatoria de actuación ante riesgos	291

8.5 SEGURIDAD EN PLANTA	293
8.5.1 Riesgos y precauciones	293
8.5.2 Los EPP, herramientas y equipos necesarios para este trabajo.....	295
8.5.3 Antes de comenzar	296
8.5.4 Consecuencia de desviación.....	297
8.5.5 Procedimiento	297
8.5.6 Protección contra Fugas y Derrames	299
8.6 Manejo de Derrames.....	300
8.6.1 Objetivo	300
8.6.2 Definiciones y Abreviaturas	300
8.6.3 Responsabilidades.....	301
8.6.4 Método.....	301
8.6.5 Tratamiento común a todos los tipos de derrame	302
8.7 Disposición de los residuos.	304
8.7.1 Sistemas de contención.....	305
8.8 Manejo de Derrames en Laboratorio.....	305
8.8.1 Objetivo.....	305
8.8.2 Definiciones y Abreviaturas.	305
8.8.3 Método.....	306
8.8.4 Procedimientos de seguridad ante derrames pequeños	306
8.9 Seguridad del Personal.....	307
8.10 Estaciones de carga y descarga.	309
8.10.1 Condiciones físicas.	309
8.10.2 Señalización específica del área de carga y descarga	310
8.11 IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	310
8.11.1 Introducción	310
8.11.2 Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (sga / ghs).....	311
8.11.3 Clasificación de los productos químicos	311
8.11.4 Seguridad de las Instalaciones	318
8.11.5 Señalización Industrial:.....	319
8.11.6 Plan de mediciones y monitoreo.....	326
8.12 Permisos de trabajo	327
8.13 SEGURIDAD RELATIVA AL HIDROGENO.....	328

8.13.1 Propiedades del hidrógeno líquido	328
8.13.2 Consideraciones en las instalaciones.	328
8.13.3 Limitar las consecuencias de las fugas de H ₂	328
8.13.4 Infalibilidad del Hidrogeno	329
8.13.5 Consideraciones del diseño de venteos	329
8.13.6 Compatibilidad de los materiales con el hidrógeno.....	330
8.13.7 Reglas de operación	330
8.14 SEGURIDAD RELATIVA AL METANOL.....	331
8.14.1 Datos importantes del metanol.	332
8.14.2 Primeros auxilios.	333
8.14.3 Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.	333
8.14.4 Control de derrames y contención de fugas.	334
8.14.5 Medidas de lucha contra incendios	335
8.14.6 Manipulación y almacenamiento y transporte	337
8.14.7 Controles de exposición/ protección personal	341

Capítulo 9: Evaluación económica.

9.1 Introducción.	346
9.2 Costo de equipos.....	346
9.3 Inversión de capital	351
9.4 Costos de Producción.....	353
9.4.1 Costos fijos	353
9.4.2 Costos de Mantenimiento.....	358
9.4.3 Seguros e impuestos locales	359
9.4.4 Depreciaciones.....	359
8.4.5 Costes de producción y administración	359
9.4.6 Costos variables.....	360
9.5 Ingreso anual por ventas.....	361
9.6 Cálculo del punto de equilibrio.	362
9.7 Flujo Libre de caja.....	364
9.7.1 Flujo libre de caja FLC.....	365
9.8 Valor Actual Neto (VAN).....	368
9.8.1 Tasa Interna de Retorno (TIR)	369
9.8.2 Período de Retorno de una inversión (PR) (o payback en inglés).....	369
9.9 Cálculo tasa TIR	371

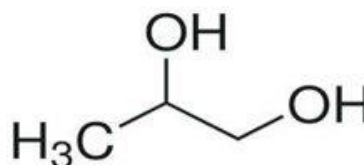
9.9.1 Conclusiones	371
9.10 Definiciones	372
9.10.1 Acciones de una empresa.	372
9.10.2 Valor de una acción	373
9.10.3 Emisión de acciones	374
Fuentes Bibliográficas.	378
Anexos	381

Capítulo 1

Introducción

1.1 Fórmula y molécula

Propilenglicol, 1,2 propanodiol.



Cas N° 57-55-6

1.1.1 Definición

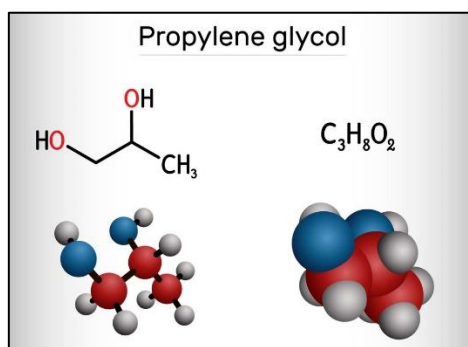
El propilenglicol es un compuesto orgánico, es un alcohol (diol), incoloro, inodoro e insípido. Es un líquido aceitoso claro, miscible en agua e higroscópico.

Los alcoholes di hidroxilados o dioles, también denominados *glicoles*; son compuestos orgánicos que contienen dos grupos –OH en átomos de carbono adyacentes. En general, las moléculas que contienen dos grupos –OH, se denominan di alcoholes. La presencia de dos grupos –OH facilita la formación de enlaces de puente hidrógeno, y es por ello, que los glicoles son líquidos viscosos, de elevado punto de ebullición, y muy solubles en agua.

Uno de los glicoles con mayor valor comercial es el propilenglicol (PG), denominado por la IUPAC como propano-1,2-diol, de formulación química $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$.

En cada molécula de PG, el carbono central está unido a cuatro grupos diferentes de átomos, y por lo tanto se trata de un átomo de carbono asimétrico. En consecuencia, existe la molécula en dos formas que se conocen como estereoisómeros. El producto comercial es una mezcla de ambas formas, llamada mezcla racémica.

Es un producto de demanda continua, de grado técnico, alimenticio o medicinal, que se comercializa en forma líquida, además es un producto intermedio que se comercializa en muchas industrias.



(Fuente: <https://cdn.shopify.com/>)

1.1.2 Propiedades

- Compuesto orgánico, de la familia de los alcoholes.
- Líquido viscoso, incoloro, transparente. Higroscópico. Miscible con agua y alcohol.
- Peso molecular: 76,1 g/mol
- Fórmula: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$

Punto de fusión	-60°C
Punto de ebullición	188,2 °C
Densidad	1,036 g/cm ³
Viscosidad (25°C)	40,4 cp. (1cp para el Agua)

1.2 Reseña Histórica

El propilenglicol (PG) fue inicialmente obtenido en 1859 por el químico francés Charles Adolphe Wurtz mediante hidrólisis de diacetato de propilenglicol, siendo comercializado recién en 1931 por Carbide and Carbon Chemicals Corp. Esta primera producción comercial utilizaba un proceso que involucraba la reacción de propileno con cloro y agua para obtener clorhidrina de propileno, que al reaccionar con una base orgánica daba óxido de propileno. En forma posterior y mediante hidrólisis directa con agua del óxido de propileno, el propilenglicol es obtenido y separado en una etapa posterior de destilación. (Carl J. Sullivan, 2003). A mediados de la década de 1930 Du Pont Co. puso en marcha una planta de hidrogenación de aceite de coco a altas presiones, obteniendo propilenglicol como co-producto. (Kirk, 2004).

Con el paso de los años el PG fue ganando aceptación como sustituto de la glicerina en la industria farmacéutica. Como consecuencia de la sobre demanda generada durante la Segunda Guerra Mundial, las empresas Dow Chemical Co en 1942 y Wyandotte Chemical Corp. en 1948 incorporaron al mercado nuevas instalaciones de producción.

En las primeras décadas del siglo XXI la producción de PG se llevaba a cabo por dos procesos. Uno de ellos es el que se denominará convencional, el cual es el antes citado; utiliza el óxido de propileno como reactivo y no ha experimentado cambios significativos a lo largo de los años. (Carl J. Sullivan, 2003). La materia prima de este proceso proviene de la industria petroquímica constituyendo una fuente no renovable. El segundo proceso es novedoso respecto al anterior e involucra la conversión de glicerol a PG por hidrogenólisis catalítica, siendo el acetol un producto intermedio en un proceso de dos etapas. (Mario Pagliaro, 2007).

El glicerol puede ser obtenido desde biomasa (incluyendo aceites de colza y girasol) vía hidrólisis o metanólisis de triglicéridos. Las reacciones para la transformación directa de aceite vegetales en metil esteres y glicerol han sido conocidas por más de un siglo, (Ver figura 1-1). Sin embargo, es solo recientemente, posterior a más de una década de investigación y desarrollo, que la transesterificación de triglicéridos, usando aceites de colza, soja y girasol ha ganado un rol significativo en la manufactura de biodiesel de alta calidad.

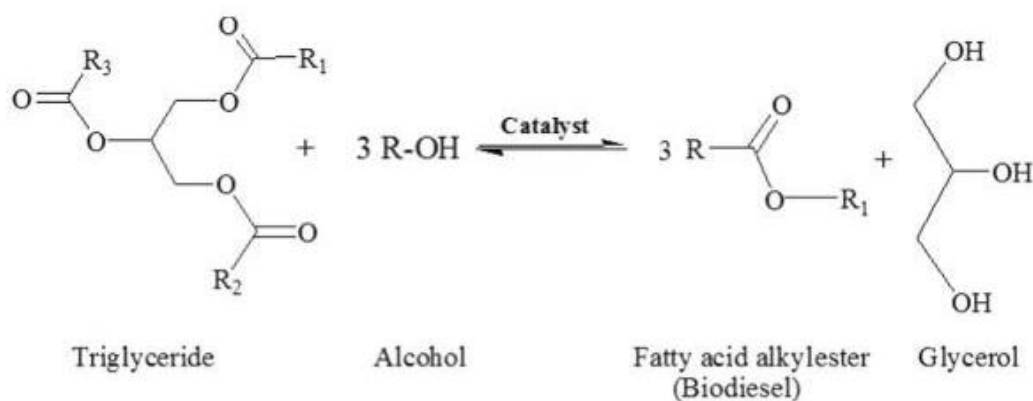


Figura 1-1 Reacción de transesterificación base de la producción de biodiesel a partir de aceite.

Fuente: (Chun-Hui (Clayton) Zhou, 2007).

Como resultado, muchos procesos químicos y enzimáticos para producir metil esteres de ácidos grasos a partir de aceite vegetal ahora están comercialmente disponibles. El glicerol es normalmente generado en una proporción de 1 mol por cada 3 moles de metil esteres sintetizados. (Chun-Hui (Clayton) Zhou, 2007).

1.3 Usos del PG

1.3.1 Calidades del PG

En condiciones normales (temperatura a 25°C y 1 atm de presión) el PG es un líquido incoloro, viscoso, y casi inodoro, que posee un sabor ligeramente dulce. Es miscible en agua y con diversos disolventes orgánicos tales como etanol, éter, acetona, y cloroformo. Además, es higroscópico, es decir, que absorbe fácilmente el agua del aire circundante.

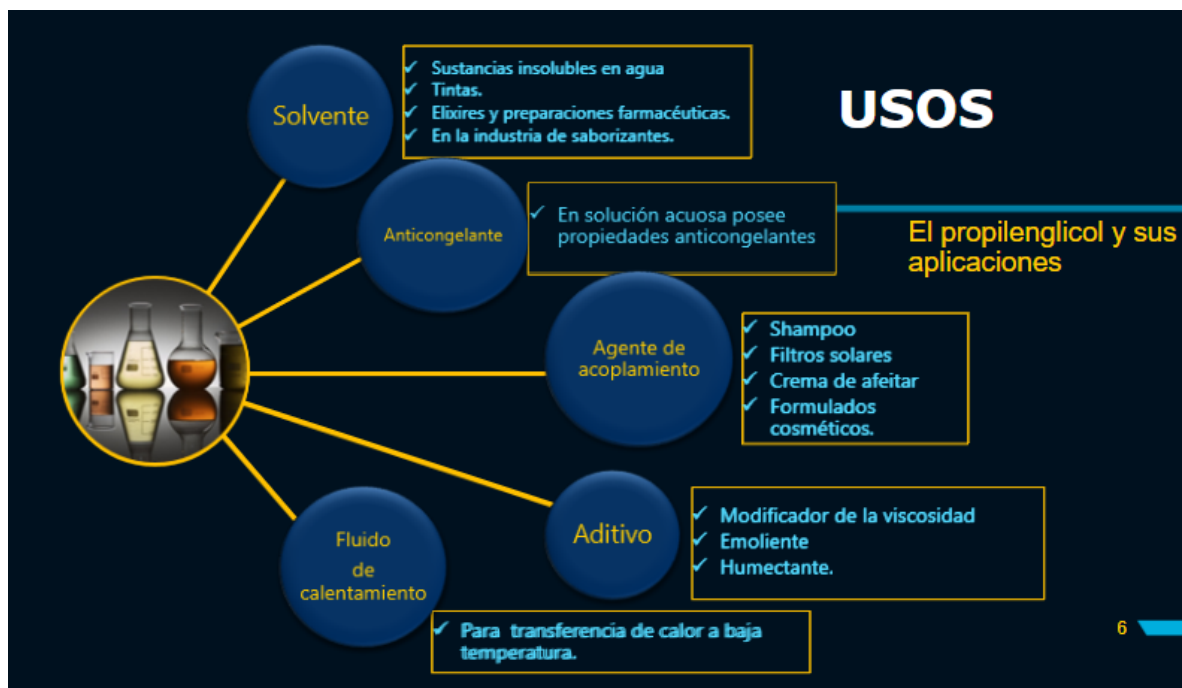
Industrialmente se producen dos tipos de PG; el PG USP/EP2 de grado alimentario realizado bajo normas GMP (Good Manufacturing Practices), y PG grado industrial; aunque tienen distinto uso final, sus propiedades físicas y químicas son las mismas. A continuación, se describen algunos de los usos de cada tipo:

- **Propilenglicol USP/EP:** Se utiliza en la fabricación de saborizantes concentrados de alta calidad, también es un agente humectante, estabilizante y conservante en la industria de alimenticia. La industria cosmética incorpora el propilenglicol en su formulación como disolvente, transportador, humectante, y agente dispersante, dado que permite una distribución homogénea de los ingredientes. Se utiliza como excipiente (medio para incorporar en compuesto activo) en la industria farmacopea. Es el principal componente en la formulación de las soluciones utilizadas en cigarrillos electrónicos.
- **Propilenglicol Grado Industrial (PGI):** Es el glicol preferido en la elaboración de resinas de poliéster insaturadas y piezas de mármol sintético. Es utilizado como intermediario en la producción de resinas alquídicas para pinturas y barnices. Actualmente está reemplazando al etilenglicol como compuesto activo en fluidos de transferencia térmica y compuestos anticongelantes.

Las especificaciones de las calidades de PG en el mercado, cumple los siguientes valores;

Especificaciones	Propilenglicol Grado USP	Propilenglicol Grado Químico
Pureza	Superior a 99,5% p/p	Inferior a 99,5% p/p
Peso específico	Entre 1,035 y 1,037.	Entre 1,035 y 1,037
Agua	no más de 0,2%p/p	Mayor de 0,2%p/p
Sulfatos	0,006%p/p	Mayor 0,006%p/p
Cloruros	0,007%p/p	Mayor 0,007%p/p
Metales pesados	5 ppm	Mayor 5 ppm

1.3.2 Usos Principales



Constituye un importante solvente para sustancias aromáticas en la industria de las esencias concentradas, permitiendo a fabricantes elaborar productos a bajo costo y de alta calidad. Es utilizado como un excelente agente humectante para gomas naturales, simplificando enormemente la formulación de citrus y otros “flavors” emulsionados.

El propilenglicol también encuentra usos como solvente en preparaciones farmacéuticas de base acuosa, conteniendo ingredientes solubles en agua y como un solvente y agente de acoplamiento en la formulación de lociones con pantalla solar, jabones para el cabello, cremas de afeitar y otros productos similares.

Soluciones acuosas de propilenglicol tienen excelentes propiedades anticongelantes y son, por lo tanto, valiosas como fluidos para la transferencia de calor a bajas temperaturas. Para aplicaciones que involucren contacto indirecto con alimentos, se prefieren los fluidos de transferencia de calor formulados con propilenglicol de grado UPS, como prevención ante un inadvertido contacto con el alimento. Estos fluidos son comúnmente usados en la industria láctea y cervecera como así también, en la preparación de empaques refrigerados para el envasado de víveres en tiendas minoristas.

El PG es un humectante efectivo, conservante, estabilizador y encuentra numerosas aplicaciones en alimentos para mascotas semihúmedos, productos de planificación, saborizantes de usos alimentarios, aderezos de ensaladas y cremas de afeitar. Humectación, o la capacidad de un producto de retener humedad, es el resultado del equilibrio vapor-liquido del sistema glicol-agua y puede ser estimado con tablas provistas por los fabricantes.

El PG de grado industrial es un importante intermediario en la producción de resinas tipo alquídicas para pinturas y barnices. Es el glicol preferido en la manufactura de resinas insaturadas de alto desempeño para usos diversos, como lo son laminados de plástico reforzado para la construcción marina, recubrimientos en gel, compuestos para moldeo en láminas y piezas de mármol sintético. También encuentra usos como un solvente y plastificante en tintas de impresión, como conservante en arreglos florales y como estabilizador en fluidos hidráulicos. También se utiliza en fluidos de transferencia de calor usados en sistemas de calentamiento y enfriamiento de comercios e industrias, plantas químicas, motores estacionarios y recupero del calor solar.

En forma más reciente se han formulado refrigerantes con base en PG para automotores y motores para camiones, compitiendo de esta forma con los fluidos tradicionales basados en etilenglicol.

Debido en gran parte a su baja toxicidad y, por ende, su bajo impacto ambiental, el propilenglicol se utiliza tanto en sistemas industriales de transporte de aire, como así también como agente de deshielo en aeroplanos y pistas de aterrizaje.

1.3.3 Productos sustitutos.

Cualquier glicol en general cumpliría las funciones del PG en una aplicación cosmética, por ejemplo, pero este que proponemos cumple con las especificaciones sanitarias y seguridades sanitarias.

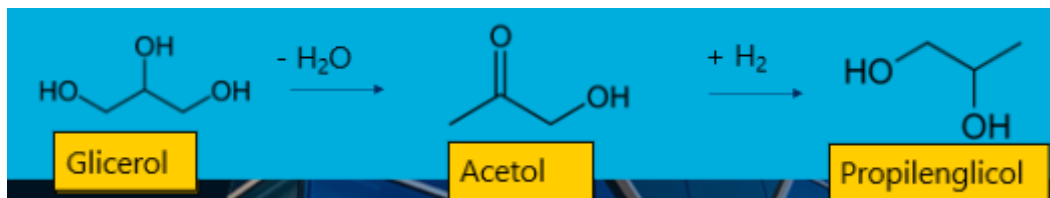
Se puede utilizar Glicerina USP como misma materia prima funcionalmente, solo que tampoco se produce en gran cantidad para las necesidades productivas de nuestro país. Otra MP que puede utilizarse es el butilenglicol, pero es un producto más caro, además de que tampoco se produce en el país.

Otro de los atractivos comerciales que podemos destacar del PG, es su originalidad verde a partir de recursos renovables, que le permite acomodarse en su precio de venta y sus atributos “environmental friendly” que es muy de interés dentro del mercado de la cosmética.

Conclusión: Pueden existir productos con semejanza al PG, pero no son de acceso cómodo, NO son de origen verde y de convenientes costos para los desarrolladores de productos cosméticos principalmente. Además, económicamente hablando, presentan costos más elevados para una función similar.

1.4 Obtención de PG

El propilenglicol se obtiene a partir de la reacción catalizada de glicerol e Hidrógeno, en una reacción como sigue,



1.4.1 Hidrogenólisis para la obtención de propilenglicol

El proceso de hidrogenólisis se utiliza principalmente para la obtención de propilenglicol. Este método es el más usado en la industria química debido a que es posible obtener una conversión alta de la glicerina, en el rango de 80%-95%. El propilenglicol es un producto muy usado en la industria, principalmente en el sector alimentario o en el farmacéutico, aunque también se puede ver en muchos otros. La reacción de hidrogenólisis se lleva a cabo en presencia de hidrógeno y un catalizador para mejorar la selectividad y el rendimiento. Además, en función del catalizador usado es posible conseguir una selectividad a propilenglicol elevada, en torno al 75-95%. Para obtener un mayor rendimiento de las selectividades y conversión, este proceso se lleva a cabo a altas temperaturas, 150°C-250°C, y a una presión de 20-80 atmósferas, dependiendo del catalizador usado. Es interesante añadir que el propilenglicol se puede formar sin la presencia de hidrógeno. Esto es debido a que una molécula de glicerol puede “robar” el hidrógeno a otra molécula de glicerol. El inconveniente de esto es la producción de subproductos indeseados y la disminución de la selectividad.

1.4.2 Ventajas de la obtención del propilenglicol a partir de la glicerina

La producción del propilenglicol usando como materia prima la glicerina tiene una serie de ventajas que se enumeran a continuación:

- El óxido de propileno es un derivado del petróleo. En la hoja de ruta de la comisión europea se ha propuesto la salida de la dependencia del petróleo para el 2050 por lo que es conveniente buscar sustituyentes para los productos que usan el petróleo como producto intermedio. Al obtener el propilenglicol por esta vía se obtiene una disminución de los suministros de petróleo. Esto también conlleva una ventaja desde el punto de vista económico debido a que produce una mayor seguridad política.
- El proceso de producción del propilenglicol a partir de glicerina es más simple que el proceso de producción de propilenglicol a partir de óxido de propileno que es el más usual hasta el momento.

- El propilenglicol a partir de glicerina es menos tóxico para el ser humano y para los animales que el tradicional. Como se comentó anteriormente, el propilenglicol purificado se usa en industrias como la farmacéutica, la cosmética y en la producción para piensos caninos. Por tanto, es una ventaja que esta tenga menos efectos dañinos.
- Este proceso tiene diversas opciones de integración energética para reducir el coste de operación. Por otro lado, la tecnología es competitiva, atractiva y se puede integrar en el proceso del biodiesel.
- La glicerina es una materia prima de origen renovable.

1.5 Materias primas

1.5.1 Glicerol

Es un subproducto de la fabricación de propileno y biodiesel. El continuo aumento de la producción de este último impulsó el incremento en la oferta de glicerina cruda y técnica, ya que se generan 10 kg de glicerina cada 100 kg de biodiesel.

Ésta se puede clasificar en 3 grupos:

Glicerina cruda: Normalmente tiene un contenido de glicerol entre **40 y 88 %** en peso. Es el producto contenido en la corriente de salida en el proceso de transesterificación (reacción química de obtención de biodiesel) y contiene una gran cantidad de metanol, agua, jabones, ALG sales.

Glicerina técnica: es un producto de alta pureza con la mayoría de sus contaminantes completamente removidos. La concentración debe ser del 80 % al 98%. Enfocamos en esta calidad de MP como la ideal para nuestro proceso y determinamos las etapas.

Glicerina USP: con una concentración de 99,7 % es la que cumple con la norma USP (United States Pharmacopea) y FCC (Food Chemicals Codex) y por lo tanto es apta para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético.

Vamos a dejar disponible esta alimentación (no es la más conveniente en materia económica) pero nos permite obtener nuestro producto a partir de Glicerina USP disponible si NO hubiera de las otras o si se para esa parte del proceso por mantenimiento o reparaciones.

En resumen, sus obtenciones:

- De Biodiesel: Por transesterificación lípidos y aceites vegetales. Glicerol derivado de la producción del Biodiesel
- De Industrias de Refinamiento.

- De Jabones: Por saponificación de ésteres de ácidos grasos. Derivados de la industria del jabón y el refinamiento.

Propiedades Generales	
Punto de fusión	18°C
Punto de ebullición	290°C
Densidad	1,2613
Viscosidad (25°C)	934 cp. (1cp el agua)

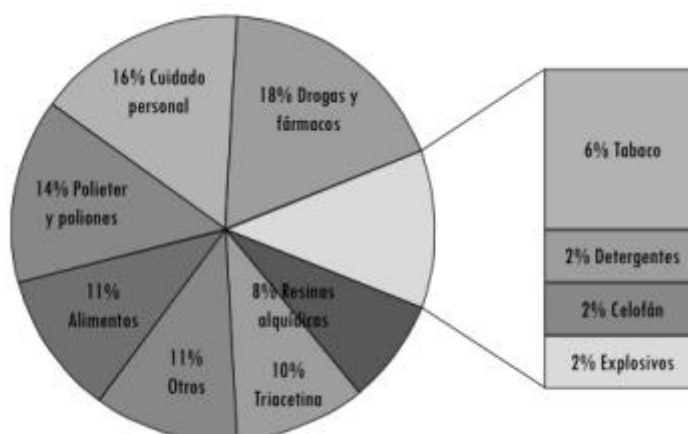
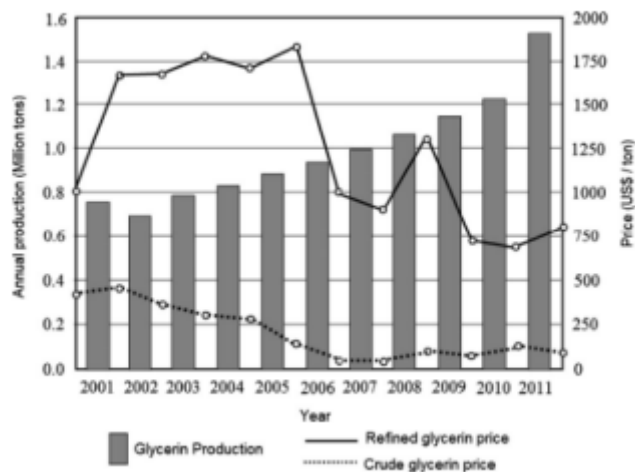


Diagrama de usos de la Glicerina (Glicerol)

1.5.2 Precio del Glicerol

Es complicado hacer un estudio exhaustivo sobre la evolución del precio de la glicerina debido a que hay varios tipos de glicerina y formas de obtención. Se puede ver en el gráfico debajo, el crecimiento de la producción de la glicerina y el decrecimiento de su valor en el mercado. Sin embargo, se puede afirmar que su valor en los últimos años ha sido bastante estable debido a la saturación del mercado. En 2014, el precio de la glicerina USP (refinada de alta calidad) fue de \$1,10/kg (\$1.100/tonelada métrica) y la glicerina cruda en torno a \$0,22- 0,66/kg (\$180-\$540/tonelada métrica). En 2016 en el mercado chino el precio de la glicerina cruda fue de 195 USD/tan lo que equivale a 0,1716 €/kg. En Europa, el precio de la glicerina técnica en 2018 fue de 0,9 €/kg.

En nuestro estudio de proyecto tomaremos el valor de os 500/ tonelada.



Producción anual de glicerina vs precio en los años

1.5.3 Hidrógeno

Gas que se obtiene por reformado del gas natural por vapor.

Características del Hidrógeno.

NOMBRE DEL PRODUCTO	PUREZA
Hidrógeno (H ₂) comprimido	> 99,95%
Hidrógeno (H ₂) líquido refrigerado	> 99,95%
Mezcla de hidrógeno y aire	1 ppm – 99,999%
Mezcla de hidrógeno y argón	1 ppm – 99,999%
Mezcla de hidrógeno y helio	1 ppm – 99,999%
Mezcla de hidrógeno y nitrógeno	1 ppm – 99,999%
Tabla extraída de Praxair web site	
Propiedades	
Punto de fusión	-259°C
Punto de ebullición	-252,7°C
Densidad (0°C)	0,08995 kg/m ³

Viscosidad (0°C)	8,39 x10 ⁻⁶
------------------	------------------------

Disponibilidad del gas en el país.

Tipo de suministro	Descripción
TANQUES, CILINDROS, CONTENEDORES.	Recipientes, cilindros a alta presión que contiene hidrógeno líquido.
GASEODUCTO	Para suministro por medio de cañerías asegurando las condiciones de presión y caudal.
PRODUCCIÓN ON SITE	Son pequeñas plantas para generación in situ, aplica cuando no existe gaseoducto cercano disponible.
SISTEMA BULK	El sistema consiste en la descarga de recipientes instalados en planta.

1.5.4 Precio del Propilenglicol USP

Los precios de venta relacionados al PG y su evolución a lo largo de los años es también muy variada y en su mayoría refiere al historial de aquel derivado de petróleo.

Los valores que se investigan rondan entre los 3,5-4,0 u\$s/kg que se adquieren en este país para las industrias que lo compran en Argentina.

Tomaremos para este estudio u\$s/Ton 3.800, considerando que la presentación de venta es en envase de 200L. y no a granel.

1.6 Enfoque del Proyecto

Tal como será analizado en el estudio de mercado, en la República Argentina la industria del biodiesel se ha desarrollado fuertemente en las primeras dos décadas del siglo XXI, dando lugar también, a la instalación de plantas para procesamiento del glicerol, siendo el proceso de refinado el camino más usado para poder agregar valor comercial. En este contexto es que surge la idea de analizar la factibilidad de la instalación de una planta con el fin de obtener PG a partir de este glicerol que le da una identidad de nueva tecnología para los requerimientos actuales.

Resulta natural, por lo tanto, pensar en la posibilidad de la incorporación de una planta de estas características en cercanías a las industrias que puedan proveer la materia prima. Es, por tanto, con este último enfoque con el cual se desarrollará el presente trabajo.

Objetivos del Proyecto:

- Verificar que existe un mercado potencialmente insatisfecho para el propilenglicol y que es viable su obtención a partir de glicerol, desde el punto de vista operativo.
- Demostrar que existe la tecnología y un entorno apropiado para la producción del PG, y verificar que no existe impedimento alguno en el acceso a las materias primas e insumos necesarios para la producción.
- Proponer la obtención de un producto final que utiliza la MP abundante y disponible dentro del país y que además no se produce en cantidades significativas y se debe importar.
- Desarrollar un proyecto que permita darle un mayor valor agregado al glicerol proveniente de la producción de biodiesel que le da la característica de “verde”.
- Comprobar la potencial rentabilidad económica del proyecto.
- Demostrar la viabilidad de un proyecto que propone una tecnología novedosa que puede proponer precios de venta más altos que los de mercado para la tecnología en abundancia.
- Como propuesta principal, se investiga la posibilidad de insertar en el mercado un Propilenglicol de origen verde con muy buenas posibilidades de marketing y de aplicaciones novedosas para potenciar políticas de usos.

Capítulo 2

Estudio de Mercado

2.1 Definiciones

El objetivo de un estudio de mercado es investigar, relevar y analizar información referida al producto que queremos desarrollar; qué aplicaciones tiene mayormente en nuestro país (y si se pudiera exportarse mejor aún), el crecimiento que puede leerse para esa materia prima en cuestión y aquellos indicadores que muestren que el producto en estudio tiene posibilidades reales de ser exitoso. Esta investigación mostrará los datos necesarios para identificar y analizar riesgos, respaldar decisiones y comprobar si el negocio será rentable o no.

La finalidad del presente estudio de mercado es conocer las distintas variables de la industria del propilenglicol para analizar su rentabilidad y su nivel de competitividad para poder identificar oportunidades en el mercado y finalmente concluir la factibilidad del negocio en un período de 10 años.

Una de las cuestiones más tentadoras es que el Propilenglicol NO se produce en Argentina y eso hace que la propuesta sea realmente buena.

2.1.1 Demanda.

Demanda insatisfecha: se da cuando la demanda supera a la oferta. La Producción que corresponda al Proyecto se sumará a la oferta de los demás proveedores.

Normalmente se puede reconocer por dos indicadores:

- Precios altos
- Establecimiento de controles por parte del Estado.

Demanda satisfecha: se da cuando por lo menos la oferta alcanza la magnitud de la demanda. En este caso, a los efectos de encarar el desarrollo del proyecto, se deberá intentar una demanda por sustitución, es decir que no se amplía el volumen del mercado existente, sino que se desplaza a otros productores. Encarar una demanda por sustitución implica mejorar las condiciones del mercado actual ya que de otra forma no se podría romper con la inercia de la comercialización.

Para mejorar las condiciones del mercado se pueden variar tres factores:

- La calidad del producto o Un mismo producto de mayor calidad (tecnologías más modernas) o Un nuevo producto sustituto con mejores propiedades
- El precio del producto
- Las condiciones de venta.

2.1.2 Proyección de la Demanda

Es de vital conveniencia la necesidad de estimar una Demanda Futura de los productos a fabricar para así obtener criterios de estimación de la Producción que la Fábrica deberá ser capaz de producir en determinado momento.

No existen normas definitivas para estimar las Demandas Futuras y sus precios, los métodos de proyección que se utilizan en la práctica revelan por ello distintos grados de complejidad, que van desde simples extrapolaciones de tendencias históricas hasta elaborados métodos de correlación. El método que se escoja dependerá de la naturaleza del problema y de los datos accesibles.

La técnica a usar en los distintos Proyectos es la extrapolación de la tendencia histórica. Consiste en establecer una línea de ajuste entre las cantidades consumidas a lo largo de un cierto número de años (10 o 15), para luego extrapolar la futura Demanda en los próximos 10 años.

En el caso que los grados de correlación sean menores que el valor absoluto de uno (1), se puede trabajar con valores logarítmicos, lo cual podrá reducir muchas curvas a rectas.

En todos los casos, a la Demanda estimada se le debe sumar una Demanda adicional debida a la instalación de nuevas empresas consumidoras de las cuales se pudo haber recabado información en la recopilación de antecedentes, de que dichas Empresas van hacer instaladas en ese periodo de extrapolación

Con esta Demanda Futura se calcula la producción máxima con la cual se debe proyectar los equipos y operaciones de la Planta.

2.2 Estructura del mercado local

El propilenglicol es un producto comúnmente usado en las siguientes industrias:

- Industria Farmacéutica.
- Industria Alimenticia.
- Industria de resinas y poliéster
- Industria Química.
- Industria de pinturas
- Industria tabacalera

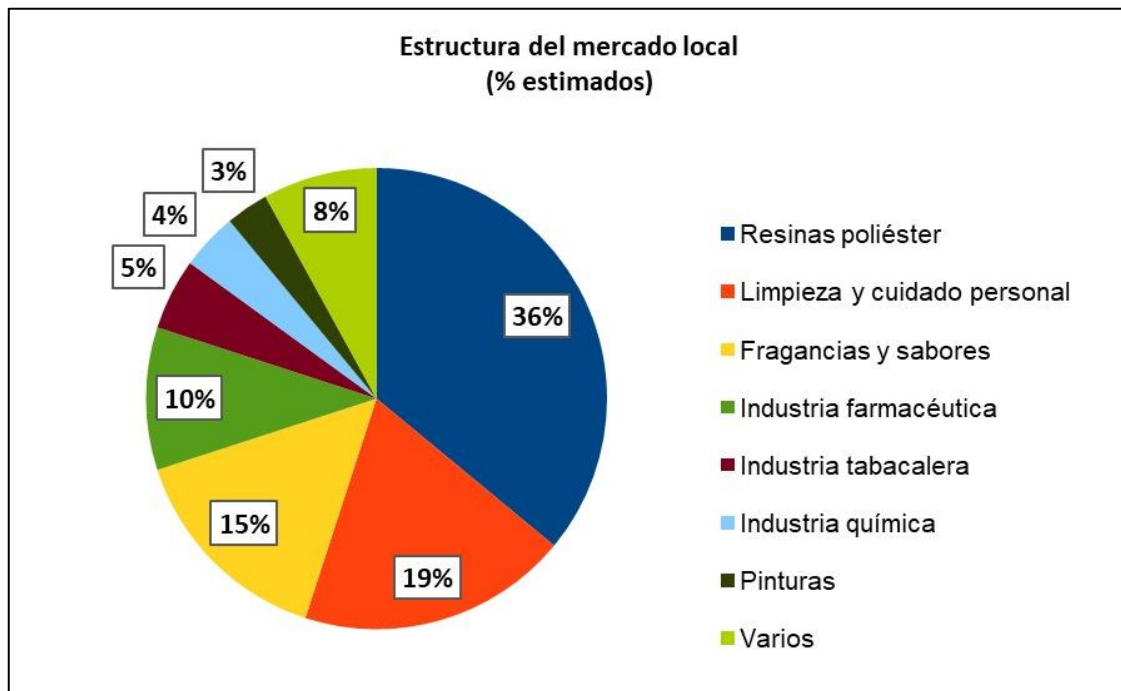
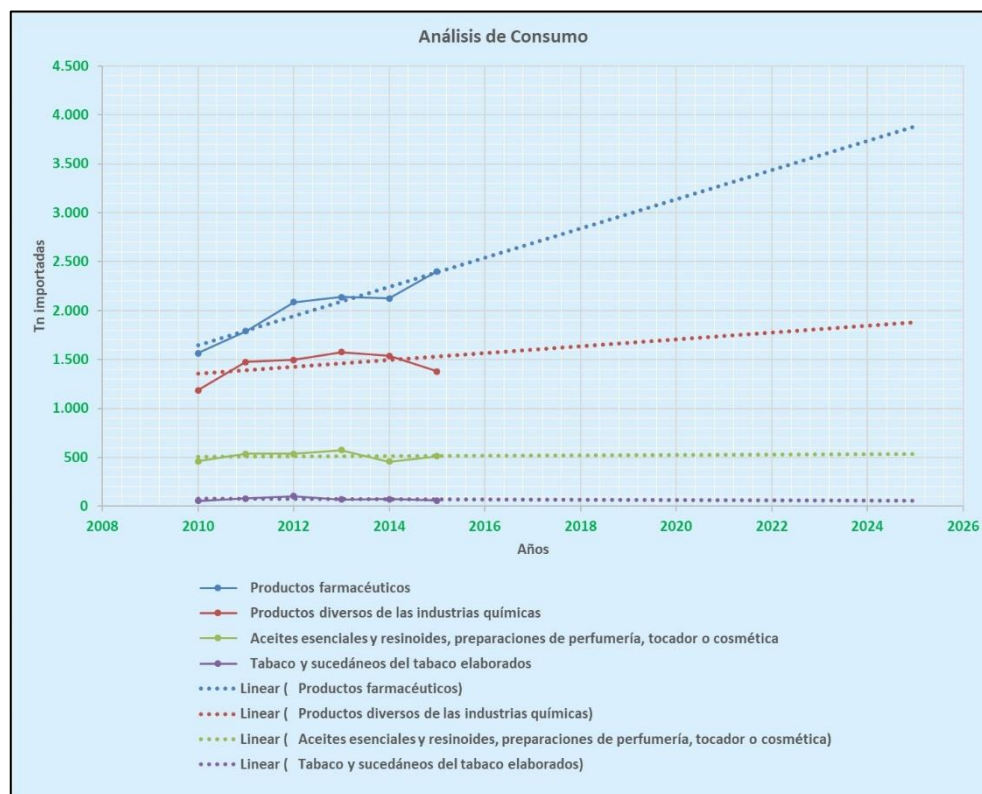


Tabla: Toneladas importadas entre 2010 y 2015. (Datos del anuario IPA e INDEC)

En general se consideran todas las aplicaciones dentro del país para el propilenglicol, para hacer un estudio de los consumos que se manejan en el territorio.



Importación						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Productos farmacéuticos	1.566	1.790	2.088	2.138	2.123	2.400
Productos diversos de las industrias químicas	1.185	1.475	1.495	1.577	1.537	1.378
Aceites esenciales y resinoides, preparaciones de perfumería, tocador o cosmética	460	537	535	575	458	512
Tabaco y sucedáneos del tabaco elaborados	57	81	104	69	75	59

Se puede observar que el consumo en los productos farmacéuticos y los de las industrias químicas van en aumento significativo, mientras que, en los productos como aceites esenciales y resinoides, preparaciones de perfumería, tocadoras o cosméticas y tabaco se mantiene constante en el tiempo. Esto significa que el aumento de consumo de estos productos en mayor o menor medida, va de la mano con el aumento demanda de sus materias primas, como es el propilenglicol.

4 - CONSUMO APARENTE	2009		2010		2011		2012		2013	
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	316.766	21,8%	392.100	24,1%	434.596	24,5%	401.580	23,2%	391.320	22,4%
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	258.858	17,8%	269.876	16,6%	270.517	15,2%	280.735	16,2%	299.664	17,1%
P.V.C.	130.647	9,0%	137.622	8,4%	163.208	9,2%	149.475	8,6%	160.637	9,2%
POLIPROPILENO	250.870	17,2%	268.846	16,5%	285.432	16,1%	297.116	17,2%	282.870	16,2%
POLIESTIRENO	59.333	4,1%	64.331	3,9%	58.298	3,3%	62.489	3,6%	53.472	3,1%
POLIESTIRENO EXPANDIBLE	17.175	1,2%	23.524	1,4%	26.708	1,5%	27.560	1,6%	28.798	1,6%
P.E.T.	211.851	14,6%	214.489	13,2%	224.426	12,6%	224.597	13,0%	220.166	12,6%
A.B.S.	5.775	0,4%	7.613	0,5%	8.452	0,5%	8.089	0,5%	8.414	0,5%
S.A.N.	1.257	0,1%	2.184	0,1%	2.471	0,1%	2.986	0,2%	2.493	0,1%
RESINAS FENOLICAS	1.956	0,1%	1.542	0,1%	1.681	0,1%	904	0,1%	576	0,0%
RESINAS POLIESTER	9.017	0,6%	8.141	0,5%	7.664	0,4%	4.851	0,3%	6.273	0,4%
POLIAMIDAS (1)	18.904	1,3%	28.107	1,7%	26.620	1,5%	21.646	1,3%	23.331	1,3%
POLIETERES	37.984	2,6%	44.966	2,8%	49.797	2,8%	49.839	2,9%	53.343	3,1%
COPOLIMERO E.V.A. (2)	15.068	1,0%	16.830	1,0%	40.776	2,3%	17.088	1,0%	17.319	1,0%
POLICARBONATO (2)	6.057	0,4%	8.354	0,5%	8.831	0,5%	8.734	0,5%	10.766	0,6%
RESINAS MELAMINICAS	8.837	0,6%	3.393	0,2%	4.604	0,3%	15.045	0,9%	17.152	1,0%
OTRAS MATERIAS PRIMAS	104.595	7,2%	136.855	8,4%	163.317	9,2%	157.674	9,1%	172.236	9,8%

Decidimos orientar el proyecto a la industria tanto farmacéutica como química ya que están en constante aumento, no así con las demás que no demuestran un crecimiento en los últimos años o tienen una tendencia decreciente como las resinas de poliéster quienes son reemplazadas por otros materiales por su poca reciclabilidad en el medio ambiente. La calidad de propilenglicol a producir destinado a estas industrias es grado USP.

El consumo de propilenglicol en Argentina crece por año un 4% en promedio. Esto quiere decir, que se incrementa en aproximadamente 680 Tn/año, basándonos en los datos proyectados de consumo en periodo 2016 – 2026.

2.2.1 Análisis de la demanda y Proyección

Se relevan antecedentes de importaciones y exportaciones de hace algunos años para calcular un consumo aparente que se da como resultado de la diferencia entre lo que se importa y lo que se exporta.

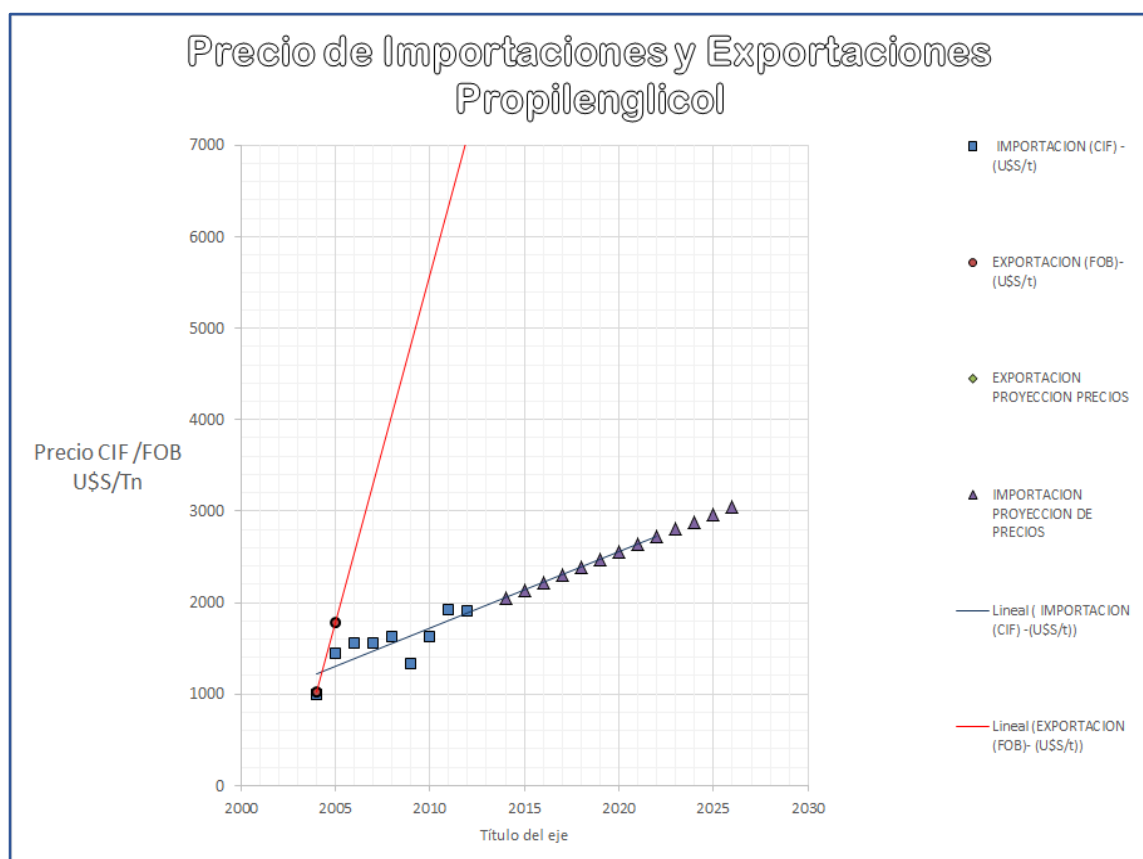
Año	Producción (Tn)	Importación (Tn)	Exportación (Tn)	Aparente (Tn)	Importación (CIF)- (U\$S/Tn)	Exportación (FOB)-(U\$S/Tn)
2004		7.696	301	7.395	944	1.021
2005		8.426	70	8.356	1.442	1.781
2006		9.141	5	9.136	1.551	
2007		10.823	54	10.769	1.561	
2008		9.838	48	9.790	1.624	
2009		9.895	263	9.632	1.337	
2010		12.154	261	11.893	1.622	
2011		13.721	464	13.257	1.926	
2012		14.446	209	14.237	1.902	
2013		11.466	276	11.190		

En base a los datos reunidos, se estima un flujo de necesidad en el mercado que fue recopilado del anuario del IPA “Instituto petroquímico argentino” del año 2019.

Nos basamos en el relevamiento de Estos datos y la creciente demanda para estimar la producción que va a tener nuestra planta.

Año	Producción (Tn)	Importación (Tn)	Exportación (Tn)	Aparente (Tn)	Importación (CIF)- (U\$S/Tn)	Exportación (FOB)- (U\$S/Tn)
2014	s/datos	14.195	324	13.870	2.051	8621
2015	s/datos	14.819	348	14.471	2.135	9381
2016	s/datos	15.443	371	15.072	2.218	10.141

2017	s/datos	16.068	395	15.673	2.301	10.901
2018	s/datos	16.692	418	16.274	2.385	11.661
2019	s/datos	17.316	442	16.874	2.468	12.421
2020	s/datos	17.941	465	17.475	2.551	13.181
2021	s/datos	18.565	489	18.076	2.635	13.941
2022	s/datos	19.190	512	18.677	2.718	14.701
2023	s/datos	19.814	536	19.278	2.802	15.461
2024	s/datos	20.438	559	19.879	2.885	16.221
2025	s/datos	21.063	583	20.480	2.968	16.981
2026	s/datos	21.687	607	21.080	3.052	17.741

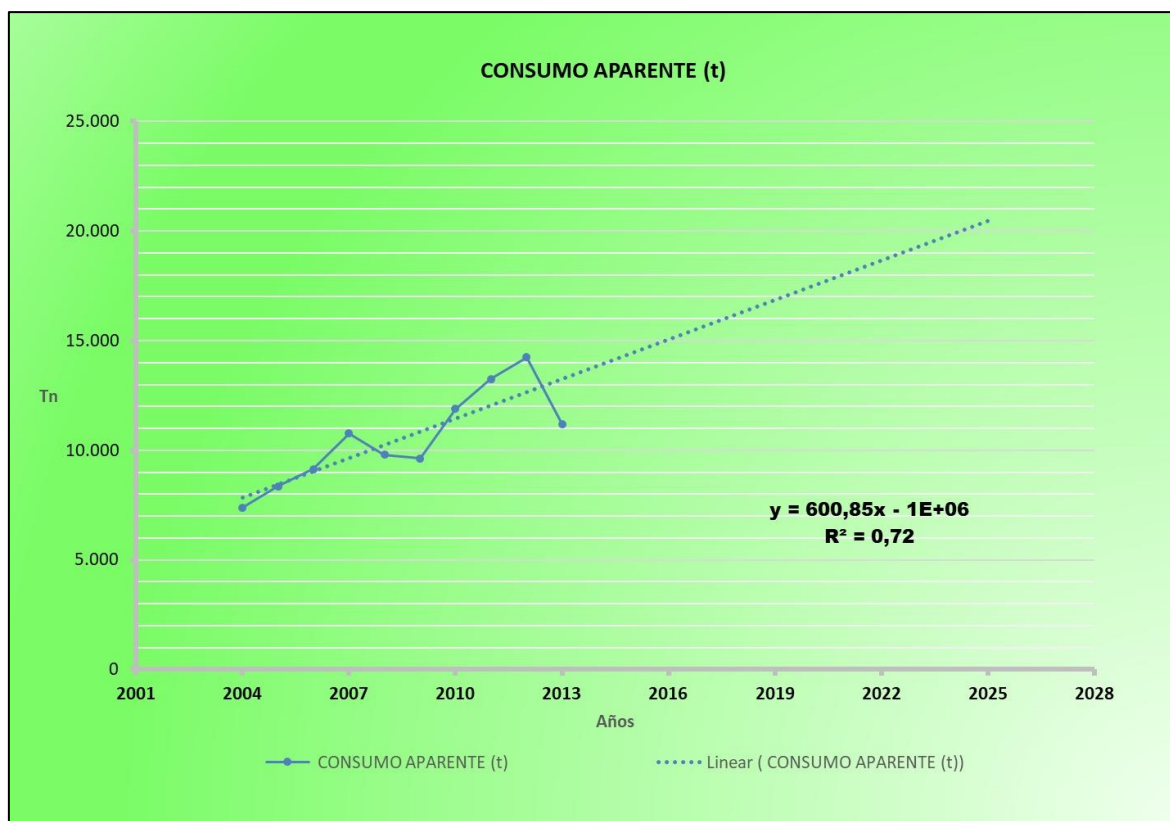


2.2.2 Consumo Aparente

El consumo aparente expresa la cantidad de producto que consume una región o país en un determinado periodo de tiempo, y se estima con base en la producción doméstica más la balanza comercial y el consumo de inventarios.

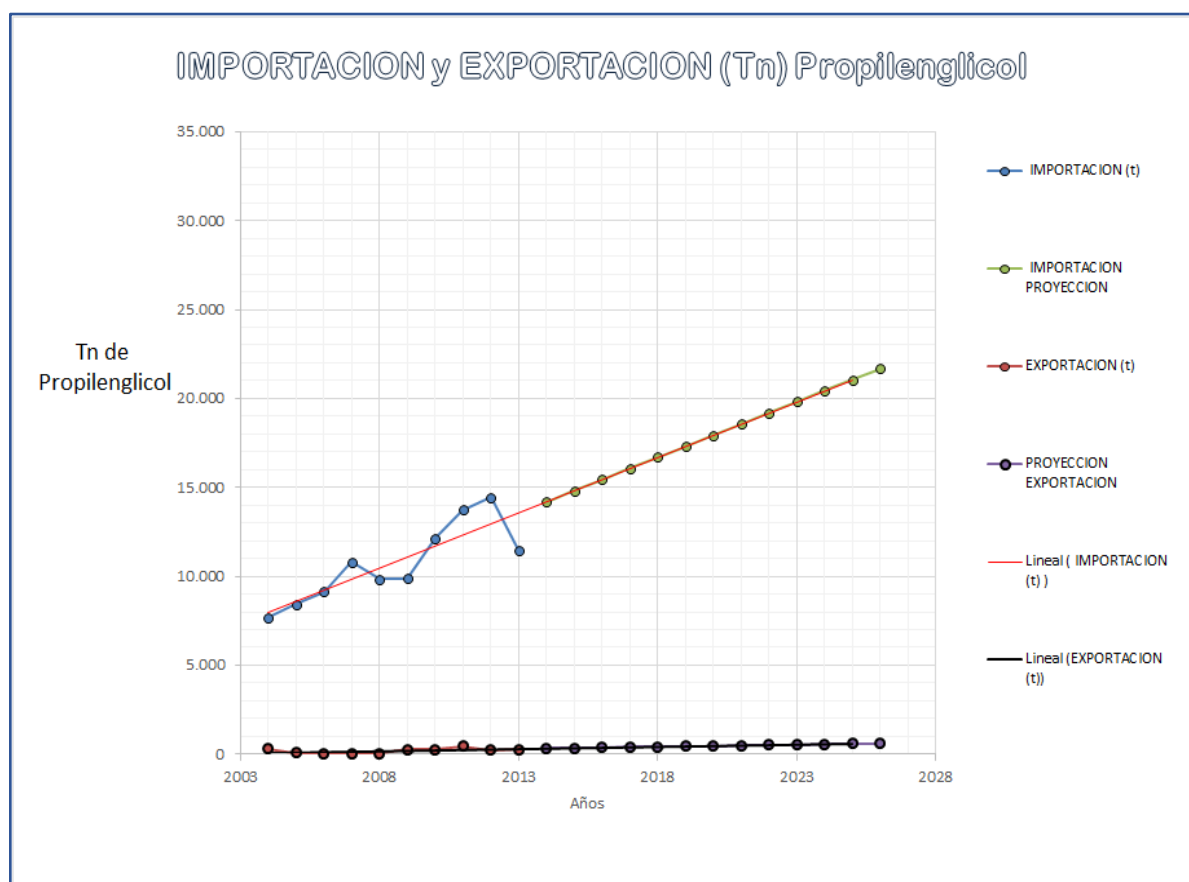
Se recopila información relacionada a los consumos aparentes en Sudamérica, para estimar la incidencia en el mercado que tendrá el proyecto.

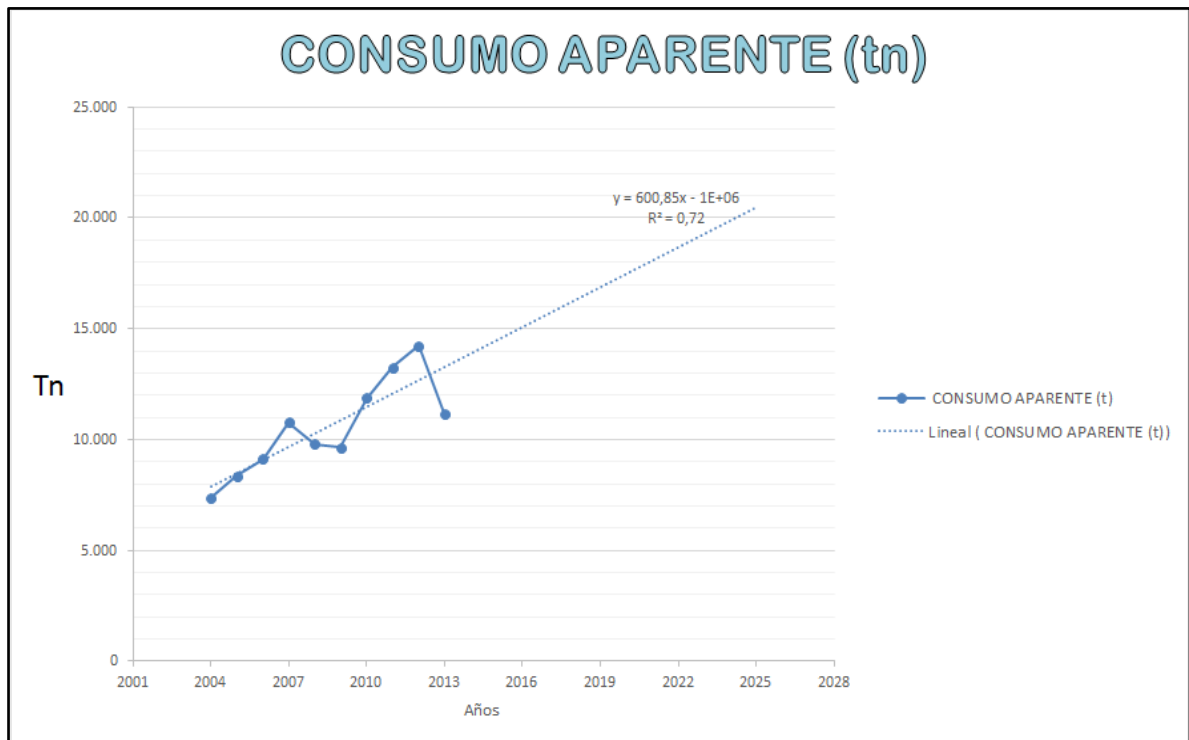
Consumo en sudamerica			
Años/Consumo Aparente	Sudamerica	Años /Consumo Aparente (Proyección)	Sudamérica
2002	48.331	2015	94.429
2003	49.380	2016	97.975
2004	56.919	2017	101.521
2005	57.050	2018	105.066
2006	66.222	2019	108.612
2007	64.009	2020	112.158
2008	73.614	2021	115.704
2009	72.223	2022	119.250
2010	76.618	2023	122.796
2011	79.207	2024	126.342
2012	83.111	2025	129.887
		2026	133.433



A continuación, estimaremos el consumo de propilenglicol en Argentina durante un periodo de tiempo de 10 años, utilizando los datos de la tabla de consumo aparente del Anuario IPA año 2015, para ver cómo evoluciona su consumo en ese intervalo de tiempo mediante una proyección lineal.

		PROYECCIONES	
Año	Consumo aparente (t)	Año	Consumo aparente (t)
2004	7.395	2014	13.870
2005	8.356	2015	14.471
2006	9.136	2016	15.072
2007	10.769	2017	15.673
2008	9.790	2018	16.274
2009	9.632	2019	16.874
2010	11.893	2020	17.475
2011	13.257	2021	18.076
2012	14.237	2022	18.677
2013	11.190	2023	19.278
		2024	19.879
		2025	20.480
		2026	21.080





Observando el gráfico construido a partir de la tabla anterior, podemos ver que el consumo va en aumento, y para 2026 se espera un incremento del 40% con respecto a 2016.

Se estima para 2026 un consumo de **21080 Tn/año** en Argentina.

2.3 Cálculo de la capacidad

Teniendo en cuenta el consumo máximo aparente estimado y la estructura de mercado en donde decidimos enfocar nuestra producción a las siguientes industrias: farmacéutica, alimenticia (fragancias y sabores), química y todas las que demanden calidad USP.

La capacidad de planta seleccionada será la siguiente:

Aumento del consumo en Argentina en periodo 10 años	6009	tn/año
Crecimiento	40%	

Capacidad de Seleccionada	6.324	tn/año
Porcentaje de Sustitución	30%	

Este valor seleccionado es razonable porque de los **21080** tn/año, los 6324,14 tn/año representan el 30 % del mercado que queremos cubrir (industria química, farmacéutica y cosmética).

Además, la capacidad de una de las plantas más grandes de Brasil, quien abastece a todo el Mercosur es de 81000 Tn/año.

2.4 GrossProfit

El GrossProfit o “ganancia bruta” es una comparación bastante simple entre el costo de los bienes que vende nuestra empresa y los ingresos que se derivan de esos bienes. El *margen bruto* de ganancias es la ratio porcentual entre la ganancia bruta y los ingresos totales. Así mismo el margen bruto de ganancias es una forma rápida pero útil de comparar de manera significativa los valores de nuestra empresa con los de nuestros competidores o con los valores promedio de la industria, también puede utilizarse para comparar el estado actual de la empresa respecto a su desempeño anterior, especialmente en los mercados en los que el precio de los productos puede fluctuar significativamente.

Para calcularlo se procede de la siguiente manera:

1. Debemos calcular las ventas netas y el costo de los bienes vendidos.
2. Utilizamos la siguiente fórmula para calcular el Margen Bruto de Ganancia de manera porcentual

$$\text{Margen Bruto de Ganancias} = (\text{Ventas Netas} - \text{Costo de Bienes Vendidos}) / \text{Ventas Netas}$$

En base de entender el Concepto y la relevancia de este valor numérico podemos definir:

- *Margen Bruto de Ganancia (MBG)*: Dicho valor es el porcentaje de rédito que le queda a una empresa luego de pagar los costos directos de la producción de bienes. Todos los demás gastos, incluidos los dividendos de los accionistas, están fuera de este porcentaje. Por ello el MBG es un buen indicador de la rentabilidad.

- **Ventas Netas:** Las Ventas netas de una empresa son iguales a sus ventas totales menos las devoluciones, las provisiones por mercancía dañadas y los descuentos. Cabe destacar, que esta medida de los ingresos es más exacta que la de solo las ventas totales.
- **Costos de los bienes vendidos (CBV):** Esta cifra incluye el costo de los materiales, de la mano de obra, y de los otros gastos directamente relacionados con la producción de bienes o servicios. NO Incluye los costos de distribución, la mano de obra que no interviene en la producción de los bienes ni otros gastos indirectos.
- **Relevancia de este valor:** Es de suma importancia este porcentaje ya que los inversionistas revisan el margen bruto de ganancia para ver la eficiencia con la que la empresa utiliza sus recursos. Si una empresa tiene un MBG del 10% y otra tiene un MBG del 20%, la segunda compañía está ganando el doble de dinero por cada dólar que invierte en bienes. Suponiendo que los otros costos sean aproximadamente iguales entre ambas compañías, es probable que la segunda empresa tenga mejores oportunidades de inversión. (De más está decir, que es mejor comparar empresas que sean del mismo sector. Algunos bienes y servicios tienen un margen de beneficio promedio menor que otros.)

2.4.1 Balance de la empresa

Ahora bien, para calcular el GrossProfit de nuestra empresa, basaremos nuestro análisis en el precio de dólar/tonelada, de esta manera podemos observar a grandes rasgos cual es la razón de ganancia de nuestro proyecto. Si consideramos la siguiente ecuación de equilibrio en nuestro proceso (basándonos en la producción de 1 tonelada de $C_3H_8O_2$) podemos apreciar cuantas toneladas de cada materia prima requeriremos para producirla.

	$C_3H_8O_3$	+	H_2	→	$C_3H_8O_2$	+	H_2O
Peso molecular, kg /kmol	92		2		76		18
Kg:	1210,53		26,32		1000		
Tn:	1,211		0,026		1,00		

En la siguiente tabla se detalla los precios en dólares por toneladas tanto de la glicerina y del hidrógeno, así como el precio de venta de nuestro producto. Además, debido a la estequiometría demostrada con anterioridad podemos calcular el costo en dólares de las materias primas utilizadas para producir una tonelada de producto.

		Glicerina	H ₂	C ₃ H ₈ O ₂
Precio/Tn	U\$s	500	1160	1900
Consumo por Tn de C ₃ H ₈ O ₂	Tn	1,211	0,026	1,00
Costo de Tn de C ₃ H ₈ O ₂	U\$s	605,3	30,5	1900
Suma de MP	U\$s	635,8		

De este cuadro se aprecia que, para producir una tonelada de producto, el cual vendemos a **1900 U\$S**, consumimos materia prima equivalente por **635,8 U\$S**. Pero como definimos al principio de este capítulo el CBV, es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra, y de los otros gastos directamente relacionados con la producción de bienes o servicios.

Tratando de realizar el balance de la manera más real posible asumimos que los valores de costo por mano de obra, gastos de producción y costos asociados asciende a **U\$S 475,7** por tonelada de producto. Este valor se obtiene estimando el valor de salarios, impuestos, y demás costos asociados en una empresa de dimensiones, características y servicios muy similares al que estamos evaluando.

$$\text{Costos Totales} = 635,8 \text{ U\$S} + 475,7 \text{ U\$S} = \mathbf{1111,5 \text{ U\$S}}$$

Continuando con nuestro análisis, deducimos que los costos totales ascienden a 1111,5 U\$S/tonelada de producto terminado.

$$\text{MGB} = (1900 \text{ U\$S} - 1111,5 \text{ U\$S}) / 1900 \text{ U\$S}$$

Del análisis de los precios de materias primas, utilizando la estequiometría de la reacción el

GrossProfit es de 41,5 %

2.5 Conclusiones y sustentos del PG “verde”

2.5.1 Argumentos de interés

Queda claro que la biomasa permite obtener una amplia gama de productos químicos y que Argentina siendo un país de fuerte carácter agrícola-forestal podría generar un desarrollo industrial estratégico a partir del aprovechamiento de la biomasa. La conversión selectiva de compuestos altamente oxigenados, como el glicerol, permitirá transformarlos en una gran cantidad de productos químicos útiles. El panorama expuesto permite proyectar investigaciones futuras y definir como objetivo general y fundamental para esta tesis, el estudio de tecnologías sustentables

que permitan obtener, a partir de materia prima renovable proveniente de la biomasa, productos destinados a la industria química.

El glicerol, que surge como subproducto de la industria del biodiesel, se encuentra disponible y con bajo costo en Argentina. El planteo de la obtención Propilenglicol a partir de la reacción de hidrogenólisis del glicerol permitiría no sólo avanzar hacia el desarrollo de procesos que sustituyen procesos petroquímicos, sino además le permitiría a nuestro país sustituir las actuales importaciones con posibilidades de exportación en la región. Los objetivos específicos planteados en esta tesis son:

- 1) Desarrollar catalizadores metálicos soportados (mono o metálicos) activos y selectivos en la reacción de hidrogenólisis del glicerol a biopropilenglicol.
- 2) Estudiar y determinar las condiciones operativas para la obtención de biopropilenglicol (1,2-PG).
- 3) Comprender los factores que controlan la dinámica de los procesos químicos mediante el uso y aplicación de diferentes técnicas experimentales. Examinar las características estructurales de los soportes y de las fases metálicas activas para determinar su relación con el comportamiento catalítico y modo de acción.
- 4) Analizar los fenómenos básicos de desactivación asociados a las reacciones bajo estudio.

2.5.2 Importancia de la comercialización de esta tecnología

El PG de base biológica tiene la misma composición química que el PG derivado del petróleo, pero se produce a partir de materias primas renovables como el maíz, la caña de azúcar o la soja. El PG de base biológica reduce la demanda de petróleo, mejora la seguridad energética y tiene un menor impacto en las emisiones de dióxido de carbono que su alternativa fósil.

La iniciativa tiene un particular interés al ofrecer las ventajas ambientales de reemplazar compuestos fósiles por renovables. Además, permite valorizar un subproducto de la elaboración de biodiesel que se obtiene en volúmenes muy abundantes, en torno a los 100 kg por cada tonelada del biocombustible elaborada.

Los nichos específicos para la exportación de productos verdes obtenidos a partir de fuentes renovables, la ausencia de producción nacional de glicoles y la capacidad de producción de biodiesel en Argentina (de los cuales Santa Fe produce más del 80 por ciento), son datos concretos que transforman a este desarrollo tecnológico logrado localmente en una excelente oportunidad productiva para el país.

Raúl Comelli, investigador del CONICET y participante del proyecto, destacó que “Desde el punto de vista estratégico nacional, Argentina es referente internacional como productor-exportador de soja y de biodiesel».

El científico agregó que en el país existen cinco plantas que procesan y purifican la glicerina, la cual mayoritariamente se exporta, pero que ni el propilenglicol, ni el etilenglicol se producen en el país y la demanda interna se resuelve con su importación cuando disponemos de abundante materia prima, estando en condiciones ventajosas para agregar el valor en origen, satisfacer nuestra propia demanda y generar un cupo para exportar.

<https://www.bioeconomia.info/2021/09/01/propilenglicol-eslabon-soja/>

Capítulo 3

Selección de Tecnología

La primera descripción reportada acerca del propilenglicol se remonta a 1859, realizada por Wurtz, pero a escala industrial la producción por síntesis a partir de óxido de propileno y agua empezó en

la década de los años 1930s. (Sullivan, 2005). En la actualidad este proceso se mantiene en vigencia; sin embargo, investigaciones surgidas en las primeras décadas del siglo XXI han permitido que la hidrogenólisis catalítica del glicerol se constituya como una novedosa alternativa para la obtención de este compuesto.

3.1 Hidrolisis de Óxido de Propileno (Proceso convencional)

El óxido de propileno (OP) puede obtenerse a partir del propileno, pero industrialmente, el proceso no se efectúa por oxidación directa del propileno con aire u oxígeno debido a la baja selectividad de esta vía, ya que el metilo en posición alílica resulta fácilmente oxidable. Por esta razón es que su fabricación se efectúa o bien por la antigua vía de la clorhidrina (donde el propileno reacciona con el ácido hipocloroso con la deshidrocloración posterior de las propilenclorhidrinas) o bien mediante oxidación indirecta utilizando peróxidos orgánicos (hidroperóxidos o perácidos).

El único proceso aplicado (a excepción del que utiliza al glicerol como materia prima) para la manufactura del propilenglicol (PG) es la hidrólisis directa del OP con agua. Así, se forma dipropilenglicol y tripropilenglicol por la adición secuencial del óxido de propileno a la molécula de PG. Estos tres productos son obtenidos en simultáneo y separados por destilación. (Sullivan, 2005)

El óxido de propileno y el agua son combinados en una etapa inicial en una relación molar de 1:15, una temperatura de 125 °C y presión de aproximadamente 2 MPa.

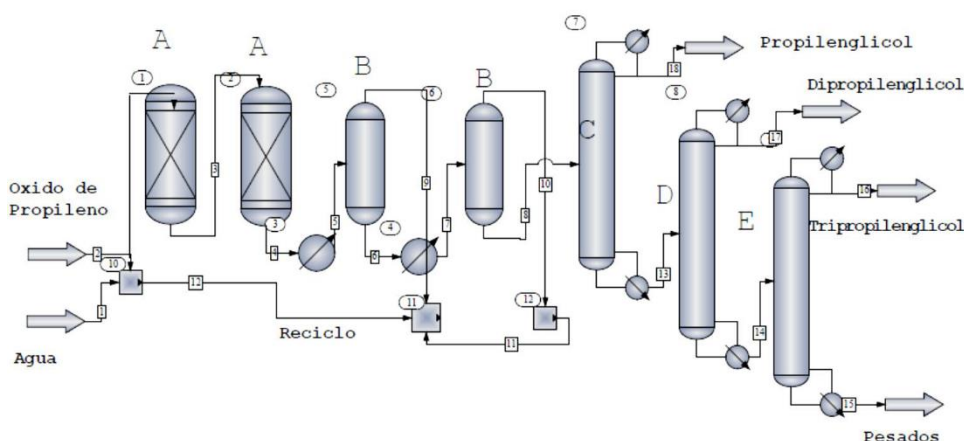


Figura 3-1 Esquema de la producción de propilenglicol. a) Reactores; b) Evaporadores (Normalmente de 2-4 columnas); c) Columna de destilación del propilenglicol; b) Columna de destilación del dipropilenglicol; e) Columna de destilación del tripropilenglicol. Fuente: (Sullivan, 2005)

Debido a la reacción exotérmica, la temperatura del efluente del reactor se elevará por lo general hasta los 190 °C. Si la proporción de agua respecto al óxido se mantiene en la relación antes indicada, la mezcla resultante de glicoles (propilenglicol- dipropilenglicol- tripropilenglicol) tendrá una relación aproximada de 100:10:1. Proporciones mayores de PG son alcanzadas incrementando la fracción de agua respecto al OP, incremento que también eleva la relación de reciclo, decreciendo el rendimiento y con consecuentes mayores costos en energía.

La mezcla de agua y glicoles sale de la zona del reactor a una temperatura cercana a los 200°C y es separada del agua en los evaporadores (b). Luego de tres destilaciones al vacío sucesivas, se separa un PG de alta pureza. El residuo representa una mezcla de glicoles superiores, los cuales tienen usos comerciales limitados. Los volúmenes de desechos que genera este proceso son extraordinariamente bajos y debido a la baja toxicidad de los glicoles, representan un peligro mínimo al medio ambiente. Todos son completamente biodegradables. (Sullivan, 2005).

3.2 Hidrogenólisis catalítica del glicerol

La conversión del glicerol puede llevarse a cabo vía muchos procesos como por ejemplo la fermentación, oxidación, reducción, gasificación, carboxilación, esterificación, etc.

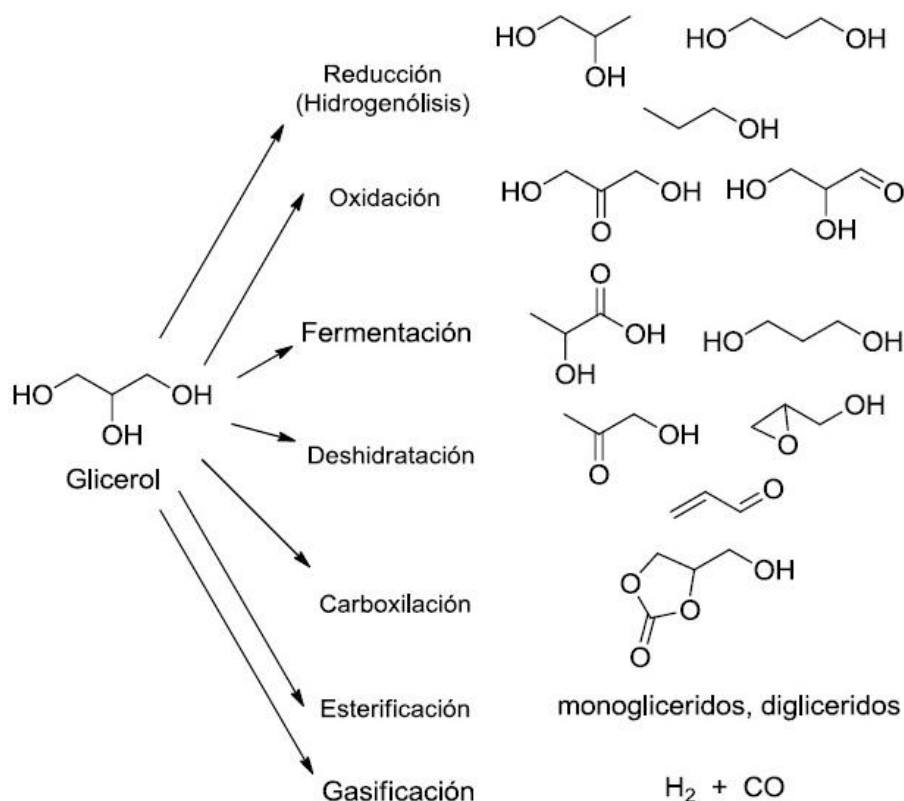


Figura 3-2: Diferentes rutas para la conversión del glicerol en otros compuestos. Fuente:

(González, 2013)

El glicerol contiene alto contenido de O/C, por lo tanto, la hidrogenólisis de enlaces C-O es uno de los más atractivos métodos que deriva en varios productos químicos de entre los cuales, algunos son muy importantes industrialmente, en particular el 1,3-propanodiol, 1,2-propanodiol (propilenglicol), el ácido láctico, el 1-propanol, 2-propanol y etilenglicol. De estos, los más atractivos comercialmente son el 1,3-propanodiol y el 1,2-propanodiol debido a su precio más alto y por tener mayores estándares de conversión, ya que los otros productos en su conversión tienen una pobre eficiencia en átomos de carbono y un consumo excesivo en átomos de hidrógeno.

La hidrogenólisis es una reacción química catalítica que rompe un enlace químico en una molécula orgánica con la adición en simultáneo de un átomo de hidrógeno a los fragmentos moleculares resultantes.

La hidrogenólisis del glicerol es una reacción compleja: hay muchas potenciales rutas de reacción y productos. Mediante esta reacción y en presencia de catalizadores metálicos e hidrógeno es posible obtener 1,2-propanodiol, 1,3-propanodiol o etilenglicol. (Chun-Hui (Clayton) Zhou J. N.-X., 2007)

3.3 Hidrogenólisis

La hidrogenólisis es una reacción química catalítica que rompe un enlace químico en una molécula orgánica con la adición en simultáneo de un átomo de hidrógeno a los fragmentos moleculares resultantes.

La hidrogenólisis del glicerol es una reacción compleja: hay muchas potenciales rutas de reacción y productos. Mediante esta reacción y en presencia de catalizadores metálicos e hidrógeno es posible obtener 1,2-propanodiol, 1,3-propanodiol o etilenglicol. (Chun-Hui (Clayton) Zhou J. N.-X., 2007)

Los diferentes caminos que pueden tomar las reacciones de hidrogenólisis del glicerol son mostrados en la Figura 6-3, con todos los potenciales productos. La hidrogenólisis de dos grupos hidroxilo primario lleva a obtener PG, luego 2-propanol y eventualmente propano. Tanto el grupo hidroxilo primario como el secundario serán más fácilmente reducidos dependiendo de los diferentes sistemas catalíticos y las condiciones de reacción. La escisión catalítica de grupos -OH en la presencia de metales nobles y bajo condiciones reductivas, usualmente favorece la reducción de los grupos hidroxilo primarios por sobre los secundarios. Los grupos -OH terciarios son escindidos más rápidamente que los secundarios, pero mayormente debido al diferente mecanismo interviniente. (Chun-Hui (Clayton) Zhou J. N.-X., 2007).

El conjunto de productos que se obtienen en la hidrogenólisis son 1,2-propanodiol, 1,3-propanodiol, etilenglicol y otros derivados de la disociación de estos, como pueden ser 1-propanol, 2-propanol y etanol. (Yohei Kusunoki, 2005). Las concentraciones de cada uno de los productos

mencionados y la posible aparición de otros, variarán con las condiciones de operación, la concentración de los reactivos y la naturaleza de los catalizadores.

La hidrogenólisis catalítica del glicerol puede ser llevada a cabo sobre catalizadores sólidos sin la presencia de solventes peligrosos, esto favorece el desarrollo de proyectos que sean tanto económica como ambientalmente atractivos.

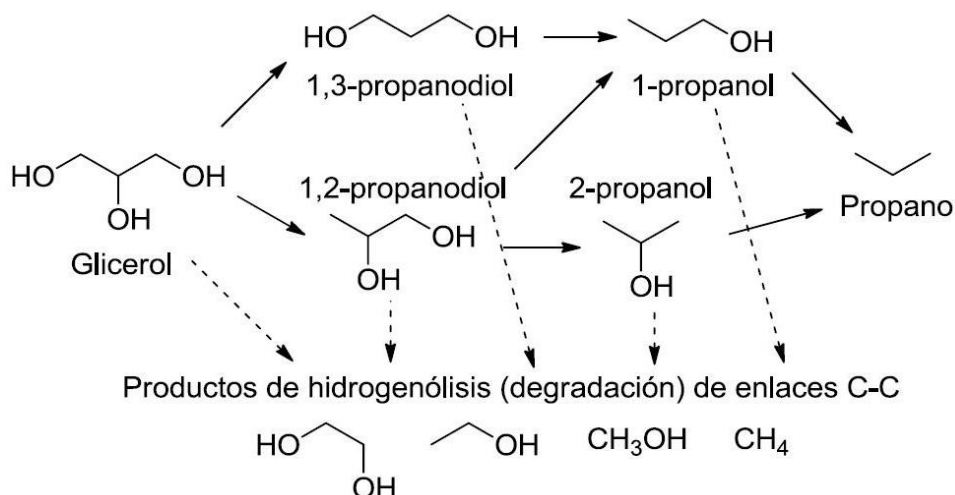


Figura 3-3 Rutas de la hidrogenólisis del glicerol. Fuente: (González, 2013)

El mecanismo de reacción de la hidrogenólisis del glicerol a PG varía en diferentes medios de reacción. En condiciones ácidas, la reacción ocurre en dos etapas separadas en las cuales, el glicerol inicialmente se deshidrata para dar acetol (catalizada por sitios activos ácidos) y luego el acetol formado se hidrogena a 1,2-propanodiol sobre partículas metálicas (Zhenle yuan, 2010). Por otro lado, en una solución alcalina, esta hidrogenólisis procede en tres etapas consecutivas. En forma primera, el glicerol se deshidrogena para dar gliceraldehidos; seguidamente estos se deshidratan a 2-hidroxiacroleína y este luego se hidrogena a PG.

Según (ZHOU Zhiming, 2010) las rutas pueden resumirse como:

- Deshidratación del glicerol a acetol sobre catalizadores ácidos y posterior hidrogenación sobre catalizadores metálicos (medio ácido).
- Deshidrogenación del glicerol a gliceraldehido sobre catalizador alcalino o en solución básica, seguido de deshidratación a 2-hidroxiacroleína e hidrogenación posterior a propilenglicol. (medio alcalino)

Estos mecanismos sugeridos se resumen en la Figura 3-4.

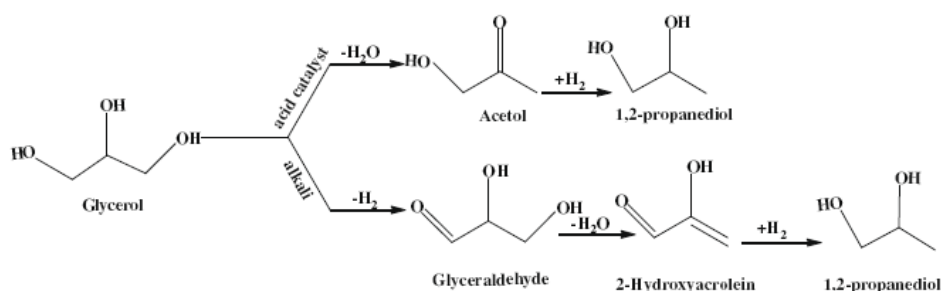


Figura 3-4 Esquema de posibles rutas de reacciones de hidrogenólisis para la obtención de PG.

Fuente: (Zhenle yuan, 2010)

Las prácticas tradicionales de hidrogenación han indicado que los grupos alcohol son estables y no reaccionen con facilidad en las condiciones normales de hidrogenación. Además, los alcoholes son también conocidos como excelentes solventes resistentes para reacciones de hidrogenación. Por lo tanto, los catalizadores convencionales para reacciones de hidrogenación tales como níquel, rutenio y paladio, no son muy efectivos cuando se usan para hidrogenación y escisión catalítica de grupos -OH, y, por ende, la hidrogenólisis del glicerol.

La hidrogenólisis catalítica del glicerol puede ser llevada a cabo sobre catalizadores sólidos sin perjuicio de la presencia de peligrosos solventes, es esto lo que le da el potencial de ser atractivo económica y ambientalmente.

Finalmente, los autores (Yohei Kusunoki, 2005) demostraron que la conversión catalizada mediante catalizadores sólidos ácidos tiene rendimientos superiores a la alternativa alcalina.

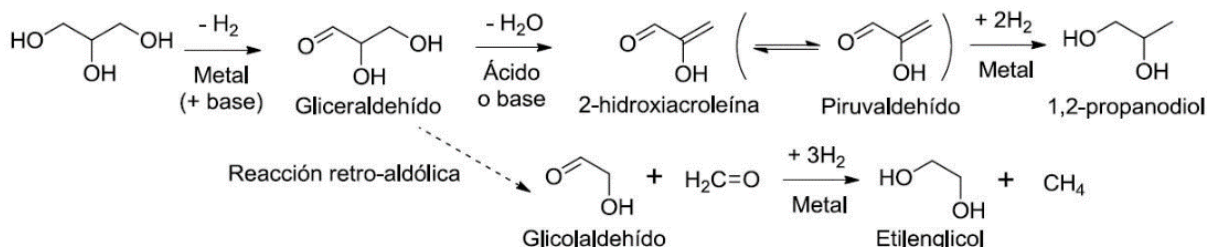
3.4 Catalizadores

Comparación de catalizadores conocidos

Los catalizadores disponibles en el mercado son múltiples y deberán seleccionarse aquellos que muestren mejores rendimientos en la conversión o que logren una mejor economía del proceso. Por ello es preciso clasificarlos; una manera de hacerlo es de acuerdo a su naturaleza química, diferenciándolos entre aquellos que se constituyen de materiales nobles los que pueden ser no metálicos y metálicos, combinados con ácidos, con bases o con óxidos metálicos modificados. Por otro lado, se tienen los metales de transición de la primera fila y sus compuestos relacionados. (Yoshinao Nakagawa and Keiichi Tomishige, 2010)

Dado que la hidrogenólisis usa hidrógeno como reactante, los catalizadores de esta reacción deben tener la habilidad de activar a las moléculas de hidrógeno.

Metales nobles: Los metales nobles son bien conocidos por ser capaces de activar las moléculas de hidrógeno y son ampliamente usados en la catálisis de hidrogenación. Uno de los trabajos pioneros en hidrogenólisis de glicerol fue realizado por (C. Montassier, 1991); en este, se llevó a cabo la reacción de hidrogenólisis con catalizadores de Ru soportados sobre carbón (Ru/C) a 483 K, bajo una presión de hidrógeno de 6 MPa y con disoluciones acuosas de glicerol (al 4 % en peso aprox.) obteniendo como producto principal etilenglicol (50% de selectividad), etano (25%) y una escasa producción de PG (12 % de selectividad). La sulfuración de estos catalizadores condujo a un incremento notable de la selectividad a PG (79 %). El efecto generado por los grupos sulfuro fue descrito como un envenenamiento de los centros activos que reduce la capacidad de hidrogenación de los enlaces C-C y favorece la hidrogenación de los enlaces C-O. Algunos trabajos posteriores realizados también con catalizadores de Ru/C mostraron que en condiciones moderadas de operación también se obtiene PG como producto principal, aunque llevan asociada la formación inevitable de etilenglicol.



** Mecanismo propuesto por Montassier para la hidrogenólisis de glicerol. Fuente: (C. Montassier, 1991)*

Los metales nobles, generalmente presentan bajas selectividades hacia el propilenglicol, debido a la hidrogenólisis competitiva de los enlaces C-C y C-O, como lo muestra (Dasari, Kiatsimkul, Sutterlin, & Suppes, 2005), lo que da como resultado la excesiva degradación del glicerol para formar alcoholes más pequeños y gases.

En la Tabla 3-3 se presentan algunas características de catalizadores de metales nobles sobre soportes neutros en la reacción de hidrogenólisis de glicerol; cómo se puede observar el metal más usado es el rutenio.

Algunas características de especies citadas en la literatura como catalizadores de metales nobles mono-metálicos sobre soportes neutros para la reacción de hidrogenólisis de glicerol

Catalizador	Conversión (%)	Selectividad PG (%)	Condiciones		
			T (K)	P H ₂ (MPa)	t (h)
Ru/C (5 wt%)	43,7	40,0	473	1,38	24
	42,8	39,8	453	5	12
	6,3	17,9	453	8	10
	3,5	26,4	393	8	10
Ru/C (10 wt%)	Baja	12,0	483	6	-
Ru-S/C (10 wt%)	Baja	79,0	483	6	-
Ru/CNT (5 wt%)	42,3	60,2	473	4	12
Ru/SiO ₂	3,1	55,2	453	5	12
Pt/C (5 wt%)	34,6	82,7	473	1,38	24
	1,1	87,6	453	8	10
	<0,3	27,7	393	8	10
Pd/C (5 wt%)	5,0	72,0	473	1,38	24
	0,7	93,1	453	8	10
	<0,2	30,7	393	8	10
Rh/C (5 wt%)	0,3	58,6	453	8	10
	1,9	62,8	393	8	10
Rh/SiO ₂ (5 wt%)	7,2	38,1	393	8	10

*Fuente: (González, 2013)

Los catalizadores de metales nobles generalmente dan más de un producto (Dasari, Kiatsimkul, Sutterlin, & Suppes, 2005). Para aumentar la selectividad a uno solo de ellos, puede optarse por la adición de un ácido o de una base (en menos casos) como un co-catalizador.

Metales de transición: Así como sucede con los metales nobles, los metales de transición Cu, Ni y Co son conocidos por ser capaces de activar las moléculas de hidrógeno y desde luego, ser usados como catalizadores para reacciones de hidrogenación. Aunque la actividad en la hidrogenación es generalmente menor que la obtenida con metales nobles, los precios muy inferiores y la mayor resistencia al envenenamiento por trazas de impurezas, hacen de los metales no nobles, catalizadores importantes en la práctica.

La hidrogenólisis selectiva de glicerol a PG requiere la división de enlaces C-O por H₂, sin ataque de los enlaces C-C. El Cu, Ni o el Co tienen un desempeño superior en este fin, ya que casi no producen compuestos de degradación (entre los que se encuentran la hidrogenólisis competitiva de C-C y C-O) como si lo hacen los metales nobles y con ellos se podría obtener alta selectividad hacia el PG. Esta clase de catalizadores puede mantener estable la cantidad del PG formado (porque tienen más

baja actividad a la hidrogenólisis del PG que a la de glicerol), y por ende podría limitarse la formación de productos no deseados.

El cobre es el material que más frecuentemente se selecciona como componente activo en los catalizadores debido a la alta selectividad para el PG. Correspondiendo a esto, según (John A. Posada, 2011) y de acuerdo la investigación bibliográfica realizada por los autores del presente trabajo, se ha podido verificar que las mayores selectividades para PG han sido reportadas para catalizadores basados en cobre.

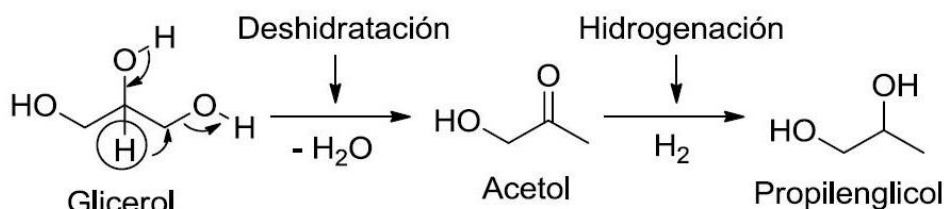
Tabla 3-6 Algunas características de catalizadores usados para la hidrogenólisis del glicerol hechos con metales del periodo cuatro.

Catalizador	Conversión (%)	Selectividad PG (%)	Condiciones		
			T (K)	P H_2 (MPa)	t (h)
Copper-Chromite	65,3	89,6	473	2,1	24
Cu:Cr (1:2)	80,3	83,9	493	8	12
Cu-Cr-Ba	34,0	85,0	493	5	-
CuO/Cr ₂ O ₃ /BaO (47:46:7)	17,0	98,0	473	5	7
Cu-Zn-O (Cu/Zn=1)	22,5	83,6	473	4,2	12
CuO/ZnO (Cu 33%)	46	90	473	5	7
CuO/ZnO (60:40)	52,0	98,0	473	5	7
CuO/ZnO/Ga ₂ O ₃	99	80	493	5	5,5
Cu-Zn-Al-O (Cu/Zn/Al=1/1/0.5)	81,5	93,4	493	4	LHSV= 4,6 h ⁻¹
Cu-Zn-Al-O (Cu/Zn/Al=1/1/4)	48,0	93,9	473	1,38	24
Cu-ZnO/Al ₂ O ₃ (50% soporte)	25,0	74,0	463	10	7
CuO: ZnO: Al ₂ O ₃ (36:48:16)	17,0	95,0	473	5	7
CuO: ZnO: Al ₂ O ₃ (40:40:20)	10,0	97,0	473	5	7
Cu-Zn-Al-O (32,3% Cu)	20,4	80,1	473	5	10
	96,2	92,2	463	0,64	WHSV= 0,08 h ⁻¹
Cu-ZnO-Al ₂ O ₃ (10:40:50)	100,0	> 90	1 - 12	3,2	523

*Fuente: (González, 2013)

El cromito de cobre (Cu₂Cr₂O₅) también llamado “catalizador de Adkins”, un catalizador convencional de hidrogenación muestra un buen desempeño en la hidrogenólisis del glicerol y es el elegido en los proyectos industriales actualmente en marcha. Los mecanismos de reacción para los catalizadores de cobre están en debate. Se ha propuesto que la ruta de deshidratación-

hidrogenación es la mostrada en la Figura 6-6 llegándose a esta deducción por el acetol relativamente puro aislado de la reacción producida al ingresar con glicerol en ausencia de hidrogeno y en presencia del catalizador a 473 K. (Dasari, Kiatsimkul, Sutterlin, & Suppes, 2005)



** Mecanismo propuesto para la hidrogenólisis de glicerol con catalizadores metálicos. Fuente: (Dasari, Kiatsimkul, Sutterlin, & Suppes, 2005)*

Investigadores (ZHOU Zhiming, 2010) trabajaron con el sistema Cu/Zn y Al, obteniendo el mejor desempeño para un catalizador con una relación de 1:1:0,5. Con base en el mecanismo de deshidratación-hidrogenación, propusieron un modelo para describir los datos experimentales y determinaron las energías de activación del proceso en las condiciones trabajadas: 86,56 kJ/mol para el paso de deshidratación y 57,80 kJ/mol para el de hidrogenación. Esto sugiere que el paso limitante del proceso es la deshidratación, y debe ser el punto a poner énfasis si se desea obtener un catalizador adecuado para este tipo de reacciones.

3.5 Condiciones de operación

Según los casos analizados en (Chun-Hui (Clayton) Zhou J. N.-X., 2007) para obtener valores de selectividad óptimos al momento de la elaboración de este reporte, se requieren condiciones y sistemas catalíticos muy complejos. Lo conveniente es implementar una tecnología que pueda convertir el glicerol refinado a condiciones moderadas de temperatura y presión.

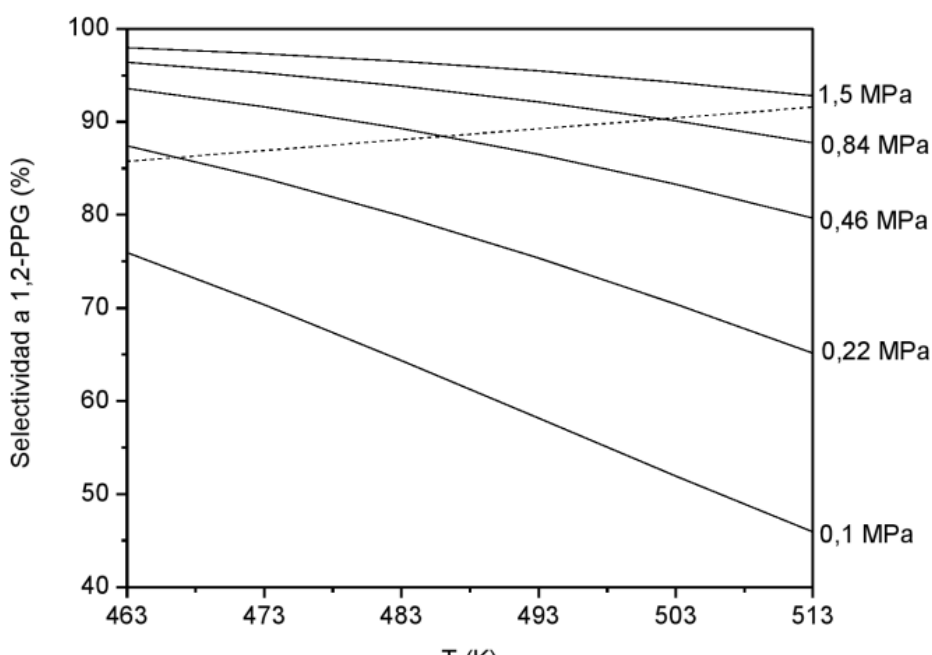
La deshidratación requiere relativamente altas temperaturas para su activación, mientras que la hidrogenación posterior, se ve favorecida con menores temperaturas y altas concentraciones de hidrógeno.

Se ha reportado (RYNEVELD) que la reacción de deshidratación requiere de temperaturas relativamente altas para ser más eficiente, mientras que la reacción de la hidrogenación es favorecida por temperaturas más bajas y altas concentraciones de hidrógeno.

3.6 Temperatura

En función de la temperatura de reacción es bien conocido que la mayor temperatura puede favorecer la deshidratación inicial de glicerol conduciendo a mayores conversiones. Temperaturas

excesivamente elevadas podrían favorecer la descomposición de los intermedios de reacción, por promoción de la ruptura de enlaces C-C, o provocar una doble deshidratación de glicerol incrementando la formación de subproductos de reacción. Por el contrario, temperaturas de reacción relativamente bajas incrementan la capacidad de hidrogenación, lo que incrementaría la selectividad a productos de interés. Por lo tanto, se busca una temperatura óptima en la que se produzca la mayor conversión de glicerol manteniendo máxima la selectividad.



* Selectividades a 1,2-propilenglicol en el equilibrio termodinámico para distintas presiones (--). La zona de condensación del glicerol está por sobre el área marcada por la línea de trazos (--). (Cálculo realizado para relación molar $H_2/Gl=39/1$ y solución de glicerol en agua al 40% p/p).

Fuente: (BRONDINO, 2016)

Se ha encontrado que la deshidratación a acetol se lleva a cabo con conversiones superiores al 90% a 240°C en fase líquida y operando a 220°C en fase vapor, donde también es alta la producción de propilenglicol.

Se han logrado (Chiu, 2006) conversiones del glicerol del 78% fueron obtenidas a una temperatura de reacción de 200°C y del 100% a 220°C operando en fase vapor. La selectividad al acetol disminuyó a medida que la temperatura fue incrementada a 230°C y más aún a 240°C indicando que temperaturas excesivas inducen a la obtención de mayor cantidad de productos no deseados.

En otra publicación (BRONDINO, 2016), previo al ingreso al reactor, el hidrógeno es introducido al evaporador a una temperatura de 230°C para tomar contacto con el glicerol y promover su arrastre y evaporación para luego ingresar a la zona de reacción.

El efecto de la temperatura en la conversión del acetol a tres diferentes presiones (1, 2 y 4 bares) fue estudiado (Chiu, 2006). Se detectó que la producción de PG se ve incrementada a menores temperaturas de reacción, siendo evidente este comportamiento a los tres niveles de presión.

3.7 Presión

La presión de hidrógeno es otro factor clave ya que puede tener distintos efectos en la reacción dado que el hidrógeno es necesario para realizar la obtención de propanodiolos. Sin embargo, debido a que la fase reducida de cobre es la que se considera activa, el incremento de la presión de hidrógeno podría inhibir la reoxidación de estas especies. Respecto a la concentración de glicerol en la disolución se observa, generalmente, que a medida que ésta aumenta, la conversión de glicerol disminuye debido a un descenso del número de centros activos disponibles en la superficie del catalizador que, adicionalmente, puede provocar la disminución de la selectividad a productos de interés como consecuencia del incremento de reacciones secundarias.

Se ha reportado que puede aislarse acetol relativamente puro trabajando a presiones tan bajas como 98 kPa (Chuang-Wei Chiu, 2006). La cantidad de PG obtenido es directamente proporcional a la presión de trabajo, obteniéndose mayores conversiones del acetol cuando se opera a bajas temperaturas y altas presiones. Operar a presiones bajas, beneficia la conversión inversa del PG a acetol, corroborando así la suposición teórica deducida a partir de la ecuación estequiometría, donde la suma total de moles de los reactivos es superior al de los productos.

3.8 Concentración de H₂

Numerosas experiencias han sido documentadas (BRONDINO, 2016) para variadas combinaciones en condiciones de reacción, las cuales permiten deducir que al operar en fase vapor, existe una baja selectividad a productos indeseados como el etilenglicol, lo cual se explica por las condiciones de dilución en las que se encuentra el glicerol. Para poder llevar a cabo la hidrogenación a bajas presiones es necesario un exceso de H₂ con relaciones molares respecto al glicerol (H₂/Gl) superiores a 100/1 logrando, además, producir efectos de arrastre. Conversiones del 100% con alta selectividad fueron obtenidas por Tuck y Tilley (TUCK & TILLEY, 2008) trabajando a una presión de 20 Bares con una atmosfera de H₂ respetando una relación molar (para el primer reactor) de 500/1 (H₂/Gl).

Concentración de Agua

Al analizar la influencia del contenido de agua en el rendimiento de los procesos, (Estados Unidos Patente Nº 2005/0244312, 2005) se encuentra que a medida que el contenido del agua aumenta, tanto la conversión como la selectividad a 1,2-propilenglicol disminuyen. En fase vapor, el agua actúa como moderadora de las reacciones de condensación y además puede cumplir un rol fundamental en la regulación de la temperatura del proceso, absorbiendo calor liberado durante la reacción exotérmica.

3.9 Concentración de Glicerol

Se ha reportado (Gatti, 2019) que un aumento en la concentración de glicerol produce una disminución en el grado de conversión del mismo, Sin importar el sistema catalítico utilizado. Al parecer, este efecto se debería a la menor disponibilidad de sitios activos a altas concentraciones de glicerol (permaneciendo constante la masa de catalizador). La selectividad a otros glicoles, depende de la concentración de glicerol y permanece prácticamente invariable cuando se utilizan catalizadores basados en Cu y CO, debido a su alta capacidad para las reacciones de ruptura de enlaces C-O.

Es posible alcanzar una concentración aceptable de glicerol, variando la concentración de H₂ con la que ingresa al proceso.

3.10 Tiempo de residencia y velocidad espacial de flujo

Se ha comprobado (Chiu, 2006) que a medida que se aumenta la cantidad de catalizador cargada para un determinado caudal de los reactivos, el rendimiento total para el acetol y PG se incrementa en forma proporcional. Sin embargo, las pruebas realizadas a 230°C, 1 atm y un caudal de 0.1 l/min, demostraron que cuando la carga de catalizador superaba los 1160 g, el rendimiento empezaba a disminuir como consecuencia del incremento de la cantidad de agua y subproductos formados. En consecuencia, un aumento en el tiempo de reacción contribuye a un incremento de la conversión, sin embargo, puede tener un efecto negativo en la selectividad si los productos formados no suficientemente estables y descomponen en el medio de reacción.

Altos valores en la velocidad espacial de flujo conducen a obtener menores conversiones debido a los bajos tiempos de contacto.

Se ha demostrado experimentalmente en otra publicación (Chiu, 2006) que la formación de residuos se ve incrementada con el aumento del caudal para una cantidad fija de catalizador, lo cual lleva a una desactivación más rápida del mismo. Estos mismos autores, reportaron que las mejores selectividades y conversiones se observan para siguientes condiciones:

- Cuando la masa de catalizador utilizado corresponde a valores entre el 5,00% y 2.50% de la totalidad del peso del glicerol alimentado en modo discontinuo.
- Cuando el caudal de alimentación se encontraba entre 18.75 g/h y 33.33 g/h.
- Esto arroja una velocidad espacial del flujo (para el glicerol en fase líquida) que se encuentra entre 20 h⁻¹ y 40 h⁻¹.

Efectuando las pruebas a 240°C y 98 kPa (vacío)

Otros autores (International Publication Number Patente nº WO2007/010299 A1, 2007) comprobaron, que, al aumentar la presión hasta los 20 bares, la velocidad espacial de flujo puede reducirse hasta valores de entre 0.1 h⁻¹ y 0.5 h⁻¹.

3.11 Los subproductos

Los resultados de análisis cromatográfico de las muestras a la salida de los reactores dan muestra de la presencia de múltiples subproductos. (International Publication Number Patente nº WO2007/010299 A1, 2007). En este trabajo se supondrá que los únicos productos de reacción serán: 1,2-Propanodiol, acetol (que no logró ser hidrogenado aunque será despreciable), agua, metanol, Etilenglicol. Siendo este último formado como consecuencia de la hidrogenación (no deseada) del 1,2-propanodiol.

La presencia de etilenglicol y acetol en la mezcla a destilar puede ser un problema, ya que requiere incrementar la capacidad del proceso de separación para poder alcanzar las especificaciones del mercado. La separación de estas especies del PG es costosa y complicada debido a la proximidad en los puntos de ebullición, esto ocasiona un aumento en los costos de capital disminuyendo la rentabilidad del proceso. (Chiu, 2006)

3.12 Comparación de procesos

Proceso	Ventajas	Desventajas
Hidrolisis del óxido de propileno	Es un proceso con más de 80 años en aplicación.	El óxido de propileno se produce a base de propileno,

	Genera escasa cantidad de residuos los cuales son glicoles de baja toxicidad.	siendo este último un derivado del petróleo.
Hidrogenólisis catalítica del glicerol.	La fuente de materia prima es de origen renovable.	Requiere que la materia prima sea refinada para optimizar costes.
	Abundante materia prima en el mercado.	
	Catalizador con lata conversión del glicerol, y lata selectividad hacia el PG.	La disponibilidad de materia prima está atada a la economía del biodiesel.

Criterios que se tendrán cuenta en la selección entre ambas tecnologías descriptas:

- Complejidad del proceso.
- Condiciones operativas.
- Uso y disponibilidad de Catalizadores.
- Consumo Energético.
- Pureza de productos.
- Peligrosidad.

Según lo visto anteriormente, se puede fabricar propilenglicol por dos procesos distintos:

Tecnología Glicerol: El proceso que obtiene como producto propilenglicol a partir de una mezcla de Glicerina e hidrogeno (formación de un producto intermedio acetol).

Tecnología oxido de propileno: El proceso que obtiene propilenglicol a partir de la hidratación de óxido de Propileno.

En el siguiente cuadro se compara ambas tecnologías, considerando algunas características de claves de los procesos.

Glicerol

Oxido de propileno

<i>Materias primas</i>	H ₂ Glicerina	Oxido de Propileno y Agua
<i>Reacciones químicas</i>	1	2
<i>Operaciones básicas del Proceso</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Reactor - Condensación - Destilación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reactor - Evaporación - Destilación
<i>Utilizan Catalizadores</i>	Si	No
<i>Productos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Propilenglicol - Etilenglicol - Alcoholes de cadena corta. - MP no convertida 	<ul style="list-style-type: none"> - Propilenglicol - Dipropilenglicol - Tripropilenglicol - H₂O. - MP no convertida
<i>Pureza de MP</i>	Puede utilizarse Glicerina de 80% de pureza	El Óxido de Propileno en estado puro.
<i>Toxicidad y peligrosidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> - H₂, calentamiento puede provocar combustión violenta o explosión. Reacciona violentamente con el aire, oxígeno, halógenos y oxidantes fuertes provocando riesgo de incendio y explosión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Oxido de Propileno es peligroso por su inflamabilidad, reactividad y toxicidad
<i>Temperaturas y Presiones de Operación</i>	<ul style="list-style-type: none"> - ° C a 250 °C - 0,1 bar a 25 bar 	<ul style="list-style-type: none"> - 180-220 ° C - 15 a 25 bar
<i>Fase en que se produce la reacción</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Líquida o gaseosa 	<ul style="list-style-type: none"> - Fase líquida
<i>Régimen del proceso</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Continuo 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuo
<i>Otros</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Permite reutilizar el glicerol proveniente de otro proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere una etapa previa para obtener el óxido de Propileno

A partir de esta comparación, agrupamos las características más relevantes para luego seleccionar solo una de ambas tecnologías.

Estas características que se detallan en el siguiente cuadro se le asigna un peso que se pondera con la calificación (0 al 10) que se le da a cada tecnología en cada característica presentada.

Se seleccionará aquella que presente el total de mayor valor.

	PROCESO A			PROCESO B	
	Peso (0-1)	PONDERACION	Calificación (0-10)	PONDERACION	Calificación (0-10)
Nivel de descripción del Proceso	0,2	1,8	9	1,4	7
Complejidad del Equipamiento	0,7	5,6	8	6,3	9
Condiciones Favorables	0,3	2,4	8	1,5	5
Rendimiento de M.P.	0,8	6,4	8	6,4	8
Efluentes líquidos	0,5	3,5	7	3,5	7
Nivel de Corrosividad.	0,5	3,5	7	3,5	7
Disponibilidad de MP	0,8	7,2	9	3,2	4
TOTAL		30,4		25,9	

De acuerdo con presentado la tecnología hidrogenólisis catalítica del glicerol, el proceso que obtiene como producto propilenglicol a partir de una mezcla de Glicerina e hidrogeno (formación de un producto intermedio acetol) es el más conveniente, por lo tanto, es el proceso que seleccionaremos para fabricar el producto.

Propilenglicol



Además, un objetivo de este proyecto es aprovechar un sub producto de la Obtención del biodiesel que es la glicerina, haciendo que el proceso sea más sustentable con el Medio Ambiente.

Capítulo 4

Localización de planta

Se evalúan las alternativas que ofrece el territorio nacional y se seleccionan aquellas que pudieran resultar viables, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

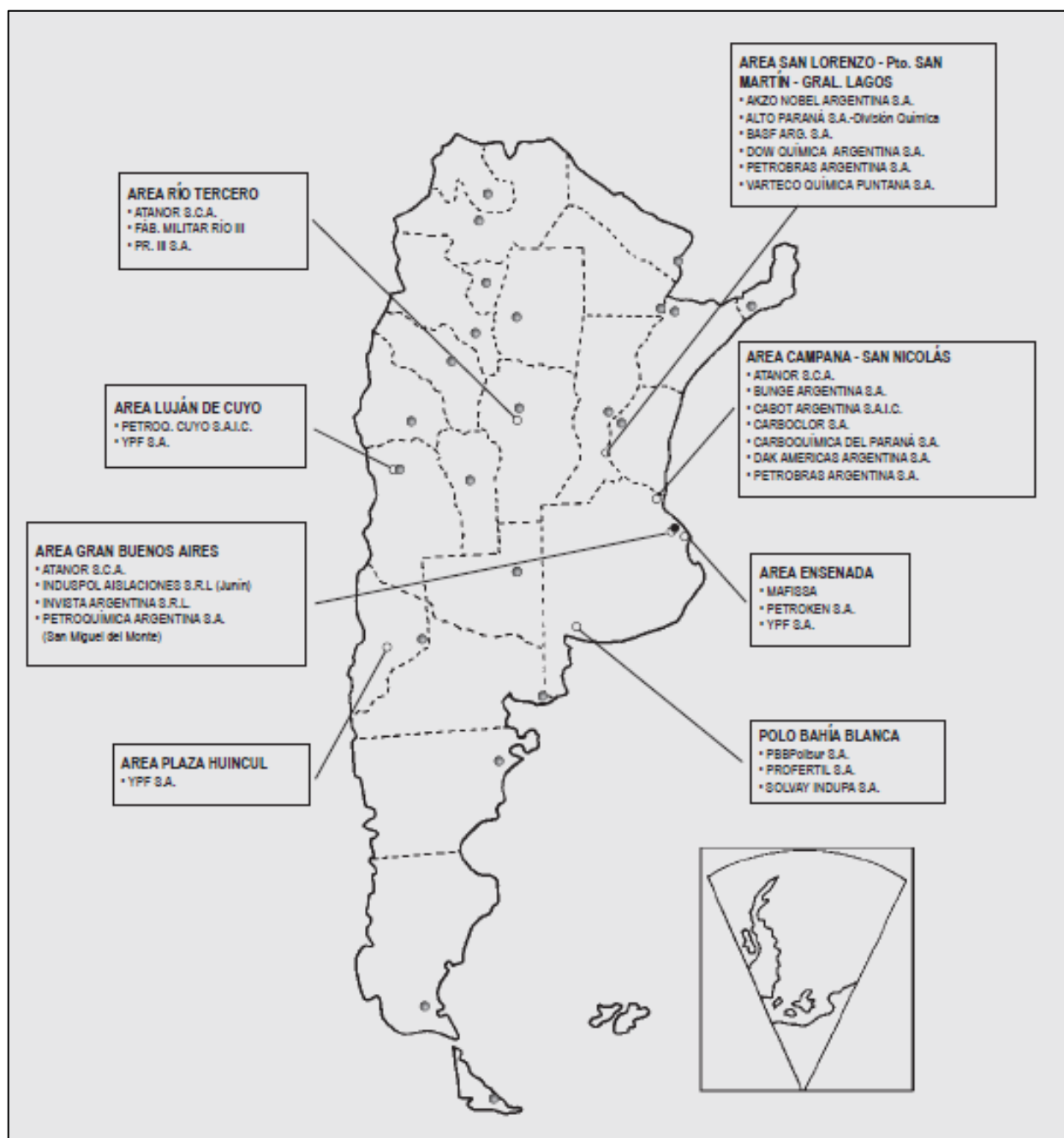
1. Acceso a las materias primas a los distintos polos petroquímicos a considerar, sus composiciones y la capacidad de cumplimiento con la demanda diaria.
2. Nivel de aprovisionamiento de la zona: energía, servicios auxiliares, etc.
3. Disponibilidad de mano de obra calificada.
4. Vías de comunicación marítima y terrestre que posibiliten el acceso a los mercados y clientes.
5. Condicionamientos legales.
6. Centros de salud.
7. Disponibilidad de terrenos.

Se analizarán las ventajas y desventajas de las localizaciones seleccionadas y se hará la elección de la que resulte más conveniente, utilizando el método de los factores ponderados.

4.1 Principales conglomerados industriales de Argentina

Dentro del país se encuentran ocho conglomerados principales, si bien algunos ocupan pocas plantas la envergadura de las mismas hace necesario tenerlos en cuenta como polos industriales.

1. Bahía Blanca.
2. Ensenada.
3. Gran Buenos Aires.
4. Campana/Zárate.
5. San Nicolás.
6. San Lorenzo-Puerto San Martín-General Lagos.
7. Río Tercero.
8. Luján de Cuyo.
9. Plaza Huincul.



4.2 Comparación general de polos industriales

Empresas que producen la materia prima en Argentina:

1. Glicerina:
 1. Explora: área San Lorenzo, Puerto San Martín, Santa Fe.
 2. Bunge: área San Lorenzo, Puerto San Martín, Santa Fe.
 3. Química Caseros: 3 de febrero, Buenos Aires.
 4. Carbio: Buenos Aires.

2. Hidrógeno:
 1. Indura: Buenos Aires.
 2. Shell: Comodoro Rivadavia, Chubut.
 3. Praxair: El Talar Buenos Aires.
 4. Air Liquide:
 1. Ensenada Buenos Aires.
 2. Campana Buenos Aires.
 5. Clorox: Pilar Buenos Aires.
 6. Linde: Pilar Buenos Aires.

4.3 Zonas francas en Argentina

Una zona franca es una región delimitada geográficamente, que tiene un régimen normativo especial, diferente al del resto del país. Con estas concesiones, se busca atraer la inversión extranjera, ofrecer condiciones de competitividad internacional a los productores nacionales que deseen exportar, generar empleos, transferir tecnología y atraer divisas, entre otras cosas.

En la actualidad existen 9 Zonas Francas en operación en Argentina:

Provincia	Localización	Jurisdicción aduanera de:
Buenos Aires	La Plata	La Plata

San Luís	Justo Daract	San Luis
Tucumán	Cruz Alta	Tucumán
Córdoba	Córdoba	Córdoba
Mendoza	Luján de Cuyo	Mendoza
La Pampa	General Pico	Bahía Blanca
Chubut	Comodoro Rivadavia	Comodoro Rivadavia
Salta	Salta	Salta
Misiones	Iguazú	Iguazú
Entre Ríos	C. del Uruguay	C. del Uruguay

4.4 Cuadro comparativo general de zonas.

	PROVINCIA	LOCALIDADES VECINAS	RUTAS DE ACCESO	ACCESO A PUERTOS	PRODUCTOS	ZONA FRANCA	OTRAS INDUSTRIAS
BAHÍA BLANCA	Buenos Aires	Bahía Blanca	RN3, RN33	SI	NO	SI	Mega - PBB Polisur - Profertil - SolvayIndupa - TGS
ENSENADA	Buenos Aires	La Plata (Cercanía a CABA)	Autopistas a Bs As	SI	H2 (Air Liquide)	SI	Mafissa - Petroken - Sniafa - YPF - Air Liquide
GRAN BUENOS AIRES	Buenos Aires	Ciudad de Buenos Aires y su Conurbano	Múltiples carreteras y	SI	Glicerina (Química Caseros)	NO	Atanor - Basf PU - Induspol - Invista - Petroquímica Argentina

			autopistas				
CAMPANA-SAN NICOLAS	Buenos Aires	Campana	RN 9	SI	NO	NO	Atanor - Cabot - Carboclor - Carboquímica del Paraná – DakAmericas Argentina - Petrobras Energía - Pasa - Siderca
SAN LORENZO-PTO SAN MARTIN-GRAL LAGOS	Santa Fe	Rosario	RN 9, RN 14	SI	Glicerina (Bunge y Explora)	NO	Alto Paraná - Basf - Dow - ICI - Petrobrás
Río TERCERO	Córdoba	Río Tercero (Cercana a Córdoba)	RN 9, RN36,	NO	NO	NO	Atanor - Fabricaciones Militares - PR3
LUJAN DE CUYO	Mendoza	Lujan de Cuyo - Mendoza	RN 7, RN 40	NO	NO	SI	Aislantes Cuyo - Petroquímica Cuyo - YPF
PLAZA HUINCUL	Neuquén	Zapala	RN 40, RN 22	NO	NO	NO	YPF - Neuform

Los polos industriales preseleccionados a ser comparados detalladamente son: Campana-San Nicolás y Ensenada por disponibilidad de hidrógeno que es la materia prima más difícil de manipular descartando los demás por el mismo motivo o falta de puerto marítimo para la exportación del producto.

Comparación de polos con mayor potencial para la instalación de la planta de Propilenglicol

POLOS INDUSTRIALES	ENSENADA	CAMPANA
UBICACIÓN	Partido de Ensenada, provincia de Buenos Aires, a 7 km de La Plata y 65 km de Buenos Aires. El partido limita con los municipios de Berazategui, La Plata y Berisso	Campana, Provincia de Buenos Aires, a 75 km de Capital Federal
PRINCIPALES EMPRESAS COMPONENTES	Mafissa - Petroken - YPF - Sniafa - Air Liquid	Atanor - Cabot - Carboclor - Carboquímica del Paraná - DAK Américas Argentina - Petrobrás Energía - Pasa - Siderca
TRANSPORTE VIAL	Ruta Provincial N° 215 y Autopista Buenos Aires-La Plata	Ruta Nacionales N°9, N°181, N°51, N°41 y N°193, y Ruta Provincial N° 191
TRANSPORTE FERROVIARIO	Ferrocarril Buenos Aires	Complejo ferroviario Zárate-Brazo Largo
TRANSPORTE MARÍTIMO Y FLUVIAL	Puerto La Plata	Puerto de San Nicolás, puerto de San Pedro y puerto de Campana
CLIMA	Templado. Promedio anual de lluvias: 1063 mm. Temperatura promedio de 16,3 °C	Templado. Promedio anual de lluvias: 1064 mm. Temperaturas promedio de 17.4 °C. Vientos ponderados en 12,3 km/h

SERVICIOS DISPONIBLES	Servicios de energía eléctrica, gas, agua, pavimento y luminaria interior.	<p>Gas: 15Kg/cm², abastece a todo el parque Industrial</p> <p>Energía Eléctrica: Subestación transformadora Campana I, suministra 30MVA de 33/13,2Kv</p> <p>Agua corriente existe una perforación por cada parcela de caudal 10m³/h</p>
CENTROS DE SALUD	11 unidades sanitarias municipales	Hospital Municipal San José y centros de salud barriales
MANO DE OBRA	Se sitúan en la zona aledaña las universidades de: Universidad nacional de la Plata, UTN regional La Plata. La mano de obra calificada se localiza en las Ciudades circundantes: La Plata, Ensenada, etc.	Universidad Nacional de Luján, Centro Regional Campana y la UTN Regional Delta. Los centros poblados circundantes al parque industrial nos ofrecen mano de obra calificada
EXENCIONES IMPOSITIVAS	Importantes exenciones en tasas municipales para industrias que empleen al 75% de mano de obra de Ensenada. Los beneficios impositivos están destinados principalmente a la ZFLP (Zona Franca La Plata) destinados a desgravaciones para exportación	<p>La ley provincial Nº 10547 (promoción industrial). La ley presenta una serie de beneficios y franquicias entre los que se destacan la exención impositiva en el impuesto a los ingresos brutos e inmobiliarios en el ámbito provincial. Los beneficios de esta exención son de hasta 9 años, renovables. Beneficios y Franquicias:</p> <p>Compra de inmuebles de dominio privado o del Estado.</p>

OTROS ASPECTOS		<p>Exención de impuestos provinciales.</p> <p>Asistencia técnica y científica por parte de organismos del Estado.</p> <p>Preferencia en las licitaciones del Estado provincial para igualdad de condiciones.</p> <p>Nueva ley nº 13656 de promoción industrial establece: exención total de hasta diez (10) años: Inmobiliario, sobre los ingresos brutos, sellos, automotores, sobre los consumos energéticos, y otros.</p>
	Área netamente industrial, aún no se ha conformado el parque propiamente dicho	Acceso fluvial directo a Uruguay y Brasil

4.4.1 Método cualitativo por puntos

Este método consiste en definir los principales factores determinantes de una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye. El peso relativo, sobre la base de una suma igual a uno, depende fuertemente del criterio y experiencia del evaluador.

Se asigna una calificación a cada Factor en una localización de acuerdo a una escala predeterminada como por ejemplo de cero a diez. La suma de las calificaciones ponderadas permitirá seleccionar la localización que acumule el mayor puntaje.

FACTOR DE LOCALIZACIÓN	PESO	ENSENADA		CAMPANA	
	0-1	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN
		(0 -10)		(0 -10)	
UBICACIÓN	0,15	9	1,35	9	1,35
DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA	0,2	8	1,6	9	1,8
TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO FINAL	0,2	8	1,6	8	1,6
CLIMA	0,05	8	0,4	8	0,4
SERVICIOS	0,05	9	0,45	9	0,45
CENTROS DE SALUD	0,05	8	0,4	8	0,4
OFERTA DE MANO DE OBRA	0,1	9	0,9	9	0,9
EXENCIONES	0,1	8	0,8	6	0,6
DISPONIBILIDAD DE LOTES	0,1	7	0,7	6	0,6
TOTAL			8,2		8,1

Los polos petroquímicos evaluados cuentan con todos los servicios necesarios para el abastecimiento de servicios auxiliares, no se encuentra una gran diferencia en los medios de transporte de los mismos y todos disponen de centros de salud.

Una de las mayores diferencias es que Campana no es una zona franca, si bien igualmente cuenta con exención impositiva, en cambio Ensenada sí lo es.

El punto más relevante a considerar fue la distancia a nuestro proveedor de materias primas y a nuestros clientes. Siendo más conveniente priorizar la cercanía al proveedor de materias primas debido a la gran dificultad que represente el transporte de hidrógeno gaseoso. Teniendo en cuenta

que, al situarnos cerca de nuestro proveedor, el transporte del mismo podría ser mediante un gasoducto que interconecte a las dos empresas utilizando un medidor fiscal.

El análisis en conjunto de todos estos factores junto con el resultado del método cualitativo por puntos inclina la decisión de la localización de nuestra planta hacia la zona de Ensenada, provincia de Buenos Aires.

4.4.2 Información adicional sobre el sitio elegido

El Polo Petroquímico Ensenada fue creado en 1927. Su actividad se basa en procesar crudo y obtener productos de mayor valor agregado. Lo integran 27 plantas industriales divididas en tres grupos: una parte de lubricantes, una de destilería y la última de refinería, que es la más importante de Argentina, pudiendo llegar a procesar 38.000 m³ por día de crudo.

Las plantas producen compuestos aromáticos (benceno, tolueno, xilenos), alifáticos (propano, butano, pentano), anhídrido maleico y coque de petróleo, entre otros.

- **YPF SA.**
- Refinería La Plata.
- División Gas Licuado.
- Petroquímica La Plata (Ex General Mosconi).

Además de una de las empresas más grandes del país, YPF es la principal productora de petróleo y gas de Argentina. Cuenta con tres refinerías, una de ellas localizada en el Polo Industrial de Ensenada, donde es controlante mayoritaria. Este Complejo Industrial es el principal activo productivo de YPF en el país con una producción superior a las 650.000 toneladas al año. Su consolidación como líder del Polo Industrial de Ensenada se produjo en los '90, con la desregulación en el mercado de hidrocarburos y la privatización de la empresa.

- **PETROKEN.**

Petroken-Petroquímica de Ensenada SA es la principal productora de polipropileno del país y pertenece a LyondellBasell, la mayor compañía de polipropileno a nivel mundial. Actualmente, Basell pertenece al fondo de inversión Acces Industries, cuyo holding asociado en Argentina es el Faena Group.

- **COPETRO.**

Las instalaciones de la única empresa que calcina carbón de petróleo en el país, propiedad de la multinacional Oxbow, fueron construidas en 1982. Su planta está a menos de tres kilómetros de la Refinería de YPF. Copetro se encarga de almacenar y calcinar el coque para luego venderlo.

- **GASES ENSENADA.**

Nacional TOWERTON SA, compañía que desde 1979 se dedica al negocio de las torres de enfriamiento de agua. Una de sus plantas funciona en el Polo de Ensenada. Exporta estos equipos a Bolivia, Brasil y Chile.

- **IPACO SA.**

Industrias Petroquímicas Argentinas radicó las primeras plantas del Polo en los años '60, cuando producía etileno y PEBD. Durante muchos años fue controlada por el holding empresarial Garovaglio & Zorraquín hasta que en los '90 pasó a manos de la norteamericana Dow.

- **AIR LIQUIDE ARGENTINA.**

Fundada en 1938, la filial local de la gigante francesa tiene dos plantas en el Polo industrial de Ensenada. Una de ellas aprovecha los residuos de dióxido de carbono del área petroquímica en la que está instalada, lo purifica y licua para luego entregarlo al mercado.

4.5 Geografía.

Ensenada se halla sobre las márgenes del Río de La Plata, en el centro noreste de la República Argentina. La ciudad de Ensenada limita al NO con el Partido de Berazategui, al SO con el Partido de La Plata, al SE con el Partido de Berisso y al NE con el Río La Plata. Su extensión es de 101 km² y cuenta aproximadamente con 48.341 habitantes según datos censales de 1991 distribuyéndose, 10.640 habitantes en la localidad del Dique, 30.276 habitantes en Ensenada (cabecera del Partido), 6306 habitantes en la localidad de Punta Lara y en el área rural con 1119 habitantes.

En Ensenada, se encuentra el polo Petroquímico más importante de la Argentina, el Puerto La Plata, Zona Franca La Plata, la Base Naval, el Liceo Naval Militar y las playas de Punta Lara, las más extensas del Río de La Plata; el paisaje de la ciudad es propio de su origen portuario y de las ciudades industriales (empresas que se establecen en Ensenada: Astilleros Río Santiago, YPF, Petroken, Gas del Estado, Aguas Argentinas, Petroquímica Maleico, Siderúrgica SIDERAR, COOPETRO, etc.), en cuanto a la zona costera cada año es más solicitada pese a que aún no ha sido explotada turísticamente, ofrece el mágico encanto de una selva marginal en contraposición con el Río de la Plata, la selva marginal declarada por Decreto Provincial 5421/68 reserva con carácter definitivo

tiene aproximadamente una superficie de 30 hectáreas, su clima subtropical hace que su flora y fauna no sean característicos del resto del Partido. Sobre las márgenes del río se encuentran establecidas instituciones como el Club Regata La Plata, el Club Universitario La Plata, el club de Pesca, el Hotel SUPE y, a escasos cien metros de las costas de Piria, se yergue imponente y majestuoso el Palacio Piria; el predio del Aeroparque expropiado por la Provincia.



Se sitúa en las coordenadas 34°51'25"S 57°54'27"O su altitud es 4 metro sobre el nivel del mar, se encuentra a 65km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

4.6 Conclusiones

Las razones que motivan la decisión son las siguientes:

Dispone de un puerto que permite la importación/exportación de la materia prima y producto. A su vez tiene acceso a plantas de hidrógeno. Si bien los puntos de consumo de glicoles en el país están ubicados en lugares diferentes a éste, las distancias no son muy grandes y se prioriza la facilidad de obtención de la materia prima que resulta mucho más costosa y complicada de transportar debido a su peligrosidad.

- Cuenta con varios accesos terrestres, vías férreas y un puerto de importancia en las cercanías.
- Disponibilidad de agua, energía y otros servicios auxiliares
- Existencia de grandes extensiones de terreno apto para la instalación de la planta y futuras ampliaciones de la misma.
- Se encuentra en las cercanías de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y de la Plata, por lo cual se tiene a disposición un gran mercado laboral tanto técnico y profesional como de otras índoles, además de una gran infraestructura para los empleados que deban radicarse desde otras zonas.
- Presencia local de comercios, proveedores de insumos y servicios industriales (mantenimiento, repuestos, etc.) que facilitarán la operación y mantenimiento del complejo.

Capítulo 5

Ingeniería de Procesos

5.1 Descripción del Proceso.

5.1.1 - Zona 1: Refinación de Glicerina Cruda

La glicerina requerida para el proceso de producción de propilenglicol es de calidad farmacéutica, también llamado grado USP (en inglés United States Pharmacopea, Farmacopea de los Estados Unidos).

Las impurezas en la corriente de la materia prima de alimentación que vienen incluidas en la glicerina Cruda pueden generar inconvenientes durante las reacciones principales que se llevan a cabo en el reactor de síntesis del PG que se mencionan a continuación:

- ✓ Problemas durante las operaciones de separación que se llevan a cabo en la mezcla de productos a la salida del reactor.
- ✓ Mal desempeño del catalizador.
- ✓ La espuma debido a la presencia de Jabones
- ✓ Impacto en costo purificación y en la calidad del producto final.

Evaluated ya el contexto de la oferta de la glicerina cruda en Argentina, poner una etapa de refinamiento es conveniente y rentable para disponer de la cantidad y calidad de glicerina a partir de aquella de bajo costo que está disponible y ociosa en el mercado.

La glicerina técnica o cruda son productos secundarios de la producción de biodiesel, se originan a partir de aceites vegetales. Estos son de diversos y dependiendo de su origen será la naturaleza de las impurezas de la corriente de glicerina.

Para la refinación de la Glicerina se define las impurezas que puede llegar a tener la Materia prima. Porque de ello depende que tipo de tecnología se va emplear (todas etapas de separación) y las condiciones de operación se fijan a partir de ellas.

Con lo cual establecemos una especificación de glicerina cruda disponible ampliamente en el mercado argentino y fijamos un perfil de impurezas. La especificación mencionada, fue seleccionada de un abanico de posibilidades y se eligió aquella que represente las peores condiciones de separación marcando un límite. El origen de la glicerina seleccionada será de biodiesel fabricado de aceite de soja.

La especificación del glicerol crudo proveniente de biodiesel de aceite de soja:

Componentes	% en peso
Glicerol	61,6
Metanol	26,1
Catalizador	2,6
Proteínas	0,1
Grasas	7,2
Cenizas	2,4

Las grasas se componen de tri, di o mono glicérido de ácidos grasos de cadenas lineales de 16 a 22 átomos de carbonos. La caracterización de este componente depende de qué tipo de ácidos grasos lo componen, esto depende a su vez del origen vegetal que proviene la materia prima con la cual está fabricado el biodiesel.

En este caso la composición de ácidos grasos de estas grasas presentes en la composición del glicerol es:

Ácidos grasos	% en peso
Ácido Palmítico	0,21
Ácido Esteárico	0,11
Ácido Oleico	1,91
Ácido Linoleico	0,74
Ácido Linoleico	0,74
Ácido Eicósico	0,9
Ácido Erílico	2,7
Total	7,2

Las grasas en la glicerina cruda se encuentran saponificadas, esto quiere decir que el 7,2 % son jabones, sales de ácidos grasos. Los jabones son residuos que se acarrean de la producción de

biodiesel. Esto se debe, a la reacción de ácidos grasos libres de los aceites vegetales y glicéridos con el catalizador en exceso (parte del proceso de Biodiesel) y presencia de agua en este caso, el catalizador es el hidróxido de sodio.

Catalizadores; puede haber de distintos tipos en la corriente de glicerina y esto nuevamente depende del proceso que da origen a la glicerina.

El NaOH es un catalizador de bajo costo y es eficiente para lograr la reacción de esterificación de ácidos grasos y de uso común en este proceso frente a otros catalizadores. Entonces se considera que la glicerina tendrá 2,6% en peso de NaOH como catalizador por ser el más conveniente y usado en este tipo de proceso.

Como se puede observar es una mezcla compleja con una composición variable debido a la naturaleza vegetal de la cual proviene, como también depende del proceso obtención de biodiesel.

5.1.1.1 Alimentación fresca de la materia prima

La glicerina cruda se alimenta al proceso de refinado mediante isotanques de 24tn que se conectan a la línea de proceso, la corriente G1 se suministra por bombeo de B-1. Esta se encuentra a una temperatura de 25 °C y presión de 101 kPa. G1 se mezcla con agua, identificada con la corriente G2 a T y P de 30 °C y 101 kPa en un punto de mezclado (M-1). La salida de M-1 es la corriente G3, en donde el contenido de agua se encuentra en 2% con respecto a la glicerina (condiciones: 25.1 °C y 101 kPa). En este caso, para refinar 2000 kg/h de glicerina cruda (G1), G2 debe ser de 40 kg/h de agua. El objetivo del mezclado es garantizar la performance de las separaciones futuras.

La corriente G3 ingresa a un intercambiador de calor IC-1 y sale como G4 cuyas condiciones son 30°C y 57,0 kPa. Con el calentador se quiere lograr que la corriente G4, sea menos viscosa y pueda fluir con mayor rapidez y generar una caída de presión antes del ingreso a la operación siguiente.

5.1.1.2 Separación de metanol

La corriente G4, ingresa con las condiciones ya mencionadas a la torre de destilación T-100. El propósito de este equipo es separar el 100% del metanol presente en la glicerina cruda. Con una concentración de metanol 26,1 % p/p, este es un residuo de la reacción de transesterificación, o sea de la formación de ésteres de triglicéridos y ácidos grasos libres provenientes del proceso del biodiesel.

El motivo por el cual se agrega un poco de agua a la corriente de glicerina es para evitar inconvenientes en la operación de la torre T-100. Porque en condiciones de operación anhidras la temperatura del rehervidor, H-1 alcanzaría temperaturas cercanas a 290°C lo cual degradaría la

glicerina polimerizándola. La adición de agua tiene el efecto de bajar la temperatura a la entrada del rehervidor H-1 en 109.3°C, logrando operar este equipo a 180.7 °C en lugar de las cercanías de los 290°C. La cantidad de agua no debe ser excesiva, dado que en mayor proporción (superior al 5%), se produce la formación de espuma por la presencia de jabones en la glicerina cruda. Los jabones pasan a disolverse en el agua que está en exceso. Manteniendo bajo el porcentaje de agua se garantiza que los jabones sigan disueltos en la glicerina.

La espuma genera dificultades en la operación de la torre (arrastre e inundación por espuma), donde la adición de antiespumante no sería de mucha eficacia para disminuir los niveles de espuma si el contenido de agua es excesivo.

Según la patente US7718833B2, llevar la destilación del metanol en condiciones anhidridas, implica operar en condiciones límite, poniendo en peligro la operación del rehervidor por la generación de depósitos de sales que generan taponamientos y una baja del rendimiento de este equipo, inclusive la degradación de la glicerina. Teniendo que recurrir a la destilación en condiciones de vacío más elevados, esto implica elevar el costo de operación con el fin de no degradar la glicerina bajando su punto de ebullición.

Pero con agregar una cantidad muy pequeña de agua, tal que no genere una cantidad apreciable de espuma y si esta se genera se controla con la adición de antiespumante, permitiendo bajar la temperatura del reboiler. Así se logra trabajar a presiones más altas evitando los problemas mencionados.

Las condiciones de operación de la torre T-100 son las siguientes:

Condiciones de operación de T-100	
Rehervidor, H-1:	180.7 °C y 80 kPa.
Condensador, IC-2:	55.5°C y 70 kPa.
Relación de reflujo:	0,67

Con estas condiciones se garantiza que T-100 pueda separar 99.5% de metanol, se fija como componente clave liviano el mismo en el fondo (G6) y se especifica que no sea mayor a 0,1 % fracción másica. El componente clave pesado en el destilado es el agua cuya fracción no supera el 0,5 % en la corriente de destilado (G5)

Estos resultados fueron obtenidos por Aspen HYSYS.

De la torre T-100, se obtienen dos corrientes G6 y G8. La corriente G6 es el metanol al 99.5 % y el resto es agua. La mezcla restante con trazas de metanol sale por la corriente G8 cuya concentración de glicerina es del 81.2%, 2.5% de agua y el porcentaje restante de impurezas.

Las condiciones de las corrientes que salen T-100 son las siguientes:

Corrientes	T, °C	P, kPa
G6	55,5	70
G8	180,7	80

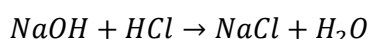
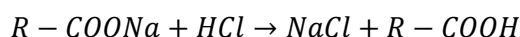
G5 sale de proceso al depósito de almacenamiento de metanol (TK-11). G6 es la corriente de glicerina con una mayor concentración, pero sigue teniendo presente Jabones. La siguiente operación permitirá purificar aún más la misma.

Para ello, la corriente G6 ingresa a un compresor (Bomba B-4), con el propósito de presurizar la corriente de proceso de salida G7 a una presión de 101.3 kPa. G7 ingresa al intercambiador de calor, IC-3, de este la salida es la corriente G9 más caliente de la que ingreso a IC-3 con una temperatura de 70°C y presión de 101,3 kPa. Necesarias a la entrada de la siguiente operación.

5.1.1.3 Acidificación con HCl 32%

Esta etapa tiene como propósito purificar la glicerina de las sales de ácidos grasos (jabones) y el NaOH, uno de los catalizadores más usados en el proceso de fabricación de biodiesel.

Para lograr tal fin, se somete a la corriente G9 de glicerina a una acidificación donde esta entra en contacto con una corriente de ácido clorhídrico al 32%, identificada como corriente G10-2, en un reactor encamisado que mantiene condiciones isotérmicas. Las sales de ácidos grasos y el NaOH reaccionan con la solución ácida para dar como productos NaCl y ácidos carboxílicos. Las reacciones que se producen en el interior del reactor son:



Donde R es una cadena de carbono esta puede ser de 12 a 18 C.

Como resultado obtenemos en el reactor una fase orgánica poco soluble en glicerina compuesta por una mezcla de ácidos grasos y sales inorgánicas representadas por el cloruro de sodio también poco soluble en la glicerina, por ende, ambas fases de fácil separación.

El reactor opera a 70°C y 101,3 kPa en condiciones isotérmicas. Para garantizar la conversión completa de los jabones a ácidos carboxílicos se debe operar a pH bajos, idealmente a entre pH 3 y 4. El tiempo espacial aproximado ronda en 180 min (3 horas), pero puede variar. El sistema se mantiene homogéneo mediante agitación, por lo tanto, a la salida del reactor (Acidulador) sale esta mezcla mencionada identificada como corriente G11-1, cuyas condiciones son 70,1 °C y 101,0 kPa.

G11-1, por medio de la acción de la fuerza centrífuga se bombea la mezcla del reactor que sale a 70 °C y 101,0 kPa hacia la siguiente operación que es la centrifugación.

5.1.1.4 Centrifugación

Esta operación consiste en la separación de residuos sólidos orgánicos (proteínas y cenizas) e inorgánicos suspendidos en la corriente de proceso G11-1. De aquí se obtienen barros que se separan por fuerza centrífuga y se almacena en el TK-4 “depósito de barros de proceso”, esta corriente se identifica como G13. Por la parte superior tenemos la corriente de interés clarificada, G12 que es una mezcla de glicerina +agua +ácidos carboxílicos, que es impulsada por la fuerza centrífuga producida por el equipo hacia el decantador. Las condiciones de operación de la Centrífuga son: T=70°C y 101 KPa.

5.1.1.5 Decantación

El propósito de esta operación es la separación de las fases, por diferencia de densidades y acción de la gravedad. La corriente G12 se separa 2 fases. Una fase de mayor densidad que contiene glicerina y agua, denominada “fase acuosa” y sale del decantador como G15-1. La otra fase, de menor densidad es una mezcla de ácidos carboxílicos que sale como corriente G14-1 y se bombea con la bomba B-7 hacia el tanque TK-8 en el cual se almacenan los ácidos carboxílicos “fase orgánica”. La corriente de entrada al tanque se llama G14-2 y las condiciones de operación del Decantador son: T=70°C y 101 KPa.

G15-1 (T=70°C y 101 KPa) se bombea con B-8 y sale como G15-2 (T=70°C y 103 KPa) hacia un calentador (IC-4). La corriente a la salida del calentador llamada G15-3 (T=170°C y 98 KPa), se dirige a la siguiente operación.

5.1.1.6 Evaporación

Evaporación de agua: aumento de grado de pureza de la glicerina.

El objetivo de esta operación es eliminar el mayor contenido de agua posible que se encuentra en la corriente G15-3. Esta se logra sometiendo la corriente a una temperatura por encima del punto de ebullición del componente más volátil (agua).

Las condiciones de operación del evaporador son: $T=163^{\circ}\text{C}$ y 63 kPa . Esto debe ser así porque se requieren elevadas temperaturas y bajas presiones en esta operación para evitar la degradación de la Glicerina y maximizar la eliminación del agua.

De esta Evaporación se obtienen dos corrientes de salida ambas: G17 ($T=162,7^{\circ}\text{C}$ y $53,0\text{ kPa}$), cuya composición es agua y trazas de Glicerol. La segunda es la G16-1 ($T=163,0^{\circ}\text{C}$ y $63,0\text{ kPa}$) que contiene Glicerol aproximadamente al 96%, este se bombea con B-10. Esta operación cuenta con un sistema de vacío. La salida de B-10 es G16-2 cuyas condiciones es 163°C y 66 kPa .

5.1.1.7 Destilación

La corriente G16-2, ingresa con las condiciones ya mencionadas a la torre de destilación T-101. El propósito de este equipo es rectificar la glicerina despojándola del resto de agua contenida (un 4% en peso).

Las condiciones de operación de la torre T-101 son las siguientes:

Condiciones de operación de T-101	
Rehervidor:	$273,0^{\circ}\text{C}$ y 80 kPa .
Condensador:	$85,9^{\circ}\text{C}$ y 60 kPa .
Relación de reflujo:	1.5

Con estas condiciones se garantiza que T-101 pueda separar 99.9% de Glicerina, componente clave liviano el agua en el fondo, no es mayor a 0,0001 fracción másica. El componente clave pesado en el destilado es la glicerina cuya fracción no supera también el 0,001.

Estos resultados fueron obtenidos por Aspen HYSYS.

De la torre T-101, se obtienen dos corrientes G20-4 y G23-3. La corriente G20-4 es agua al 100%. La G23-3 es Glicerina al 99,90% y 0,10% de agua.

Las condiciones de las corrientes que salen T-101 son las siguientes:

Corrientes	T, °C	P, kPa
G20-4	85,9	60
G23-3	273	80

G20-4 sale de proceso al depósito de almacenamiento de Agua (TK-5). G23-3 es una corriente de glicerina grado USP. La corriente G20-3, se presuriza en la bomba compresora B-23 a una presión 101 kPa.

La corriente G23-3 se presuriza con una bomba compresora (B-12) para llevarla a presión de 101 KPa, denominamos esta corriente presurizada como G24. Ésta última se dirige a un punto mezcla (M-4). En M-4, la corriente G24 se mezcla con la corriente P23, que es la glicerina de reciclo de la zona de producción de propilenglicol. La corriente resultante de salida del mezclador es P2 sus condiciones son 274,6 °C y 101,0 kPa. P2 se enfría y almacena en el tanque TK-9. La corriente P3-2 (T=218.1°C y 101 KPa) es aquella que sale de TK-9. Se bombea P3-2 con B-13, la salida de la bomba es la corriente P3-3 (T=220.2°C y P=4801 kPa), luego pasa por V-23 y la salida de esta válvula es la corriente P3 (T=220.2 y P=4800 kPa) que es la alimentación a zona 2 del proceso.

5.1.2 - Zona 2: Producción de Propilenglicol

La Glicerina refinada obtenida en Zona 1, se almacena en un tanque pulmón a presión de 101 kPa, T= 218.0°C. Con un grado de pureza del 99.9%, mencionado anteriormente.

El Hidrógeno (P4) se suministra por medio de camiones cisterna que se encuentran a 25°C y 200 bar. Las cisternas de Hidrógeno poseen una capacidad de 200 Nm³. Este, debe ser acondicionado antes de ingresar al proceso para eso se precisa pasar el gas por una válvula de expansión (V-32) con ella se disminuye la presión a 48 bar (4800 kPa), denominamos esta corriente P5. Su pureza es de 99.99 % (siendo el resto Nitrógeno).

5.1.2.1- Zona de acondicionamiento: Mezcla de alimentación fresca y reciclo de hidrógeno

Mezclador M-2: Esta operación tiene como propósito el mezclado de las corrientes P5 y P10-2. Donde P5 es la alimentación fresca de Hidrógeno y P10-2 es la corriente de Hidrógeno recirculada del proceso. Las condiciones y calidades de esta corriente son las siguientes.

Corriente	P(kPa) y T(°C)	Composición (%peso)
-----------	----------------	---------------------

P5	4800 y 25,0	99,99
P10-2	4800 y 54,6	98,61 de Hidrógeno 0,92 de Agua 0,41 de Metanol 0,06 de Propilenglicol

La salida de M-2, corriente P6 cuyas condiciones son 4800 kPa de presión y 48.2 °C de temperatura. Se utiliza intercambiador de calor IC-13 donde se aumenta la temperatura del Hidrógeno a 220°C, la corriente de salida será denominada P7.

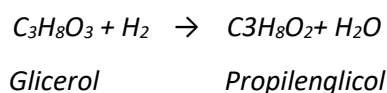
La corriente P3, la glicerina alimentada al reactor RX-1, no requiere calentamiento porque se encuentra acondicionada a las condiciones de operación.

5.1.2.2 Zona de Reacción

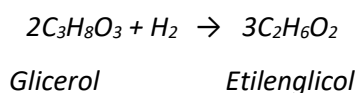
Se utilizará un reactor (RX-1) tubular isotérmico de lecho fijo con un catalizador metálico, reactor de lecho por goteo. En él se producen las reacciones de hidrogenólisis de la glicerina. Se utilizará como catalizador sólido al **Cu/ZnO/Al₂O₃ [1:1:0,5, respectivamente]**. Las condiciones de operación del reactor se llevan a cabo a temperatura de 220°C y una presión de 48 bares (4800kPa), se alcanza una conversión de la glicerina del 81,5% y una selectividad al Propilenglicol del 93,4%.

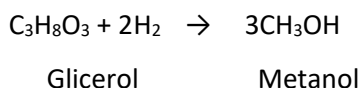
La corriente de Glicerol P3 ingresa por la parte superior del reactor RX-1 y la corriente de Hidrógeno P7 ingresa por la parte inferior del mismo llevándose a cabo las siguientes reacciones:

Reacción principal:



Reacciones secundarias:





La reacción se llevará a cabo con las siguientes especificaciones:

Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Alimentación Hidrógeno / Glicerina (molar)
220	4800	5 a 1

Luego de producida las reacciones se obtiene las corrientes P8-1 y la P8-2 que contiene los productos de las reacciones y la glicerina que no reaccionó.

- La corriente P8-1: Corriente gaseosa, en la mayor parte de su composición tiene hidrogeno (sin reaccionar dado que este se suministra en exceso), y trazas de los componentes más volátiles que se producen en las reacciones químicas en el reactor.
- La corriente P8-2: Corriente líquida, aquí se encuentran todos los productos de reacción entre ellos el Propilenglicol.

Las condiciones de la salida del reactor de las corrientes P8-1 y P8-2 son 4800 kPa y 220°C.

P8-1 ingresa al intercambiador IC-12 para enfriar la corriente a 50°C de temperatura y 4500 kPa de presión. Mientras que, P8-2 ingresa al intercambiador de calor IC-11 que también enfría la corriente a 50°C y 4500 kPa.

Las corrientes que salen de los intercambiadores de calor son P9 (salida de IC-12) y P8-3 (salida del IC-11). Ambas corrientes ingresan a la operación que sigue. De acuerdo a la patente, el propósito del enfriamiento de los intercambiadores es favorecer la separación de las trazas de volátiles del hidrógeno así se puede recircular sin la necesidad de purgar demasiado esta corriente por la acumulación de productos de reacción livianos, desperdicios de los mismos.

5.1.2.2 Zona de Separación

La corriente P9 y P8-3 ingresan al Separador Flash DF-1 con las condiciones mencionadas. El objetivo de este equipo es separar el hidrógeno no reaccionado y en exceso, para poder recircularlo,

separando este del resto de los componentes de interés. El equipo DF-1 opera con las siguientes especificaciones:

Temperatura (°C)	Presión (kPa)
50	4500

Se obtiene por tope la corriente P10-1 con elevadas concentraciones de Hidrógeno y trazas de Metanol y agua. Esta corriente se hace pasar por un compresor E-100 para aumentar la presión dando la corriente P10-3 con una presión de 4800 kPa y una temperatura de 55.2°C. Esta corriente ingresa a un pulmón (T-110), donde una de las corrientes de salida es P10-4 /P10-5 la purga de fase gaseosa. Surge realiza una purga para evitar acumulación de Metanol y Agua. La otra corriente de salida, la P10-2, es aquella que se recircula, dirigiéndose al mezclador M-2.

Por el fondo del evaporador flash DF-1, obtenemos una corriente P11 (50,6°C y 4500 kPa) con Propilenglicol, Metanol, Agua, Etilenglicol, Glicerol y trazas de Hidrógeno. Esta corriente se dirige al tanque pulmón E02 con salida a la corriente P12-1 (T=50.6°C y P=4500 kPa) pasa por bomba B-14 con salida P12-2 (T=50.7°C y P=4600kPa). Por último, P12-2 ingresa una válvula de expansión V-33 donde obtenemos la corriente P12-3 con la siguiente especificación 101.3 kPa y 50.8°C. Vale aclarar que en las condiciones mencionadas, la despresurización producida por V-33 no ocasiona una evaporación flash por el cambio repentino de presión. Esto se debe a que la corriente, posee componentes en composición mayoritaria de elevados puntos de ebullición a 101.3 kPa (1bar). Estos son: el propilenglicol (188,2°C), el etilenglicol (197,6°C), la glicerina (290°C) y el agua (100°C). El que tiene menor punto de ebullición es el metanol (65°C), pero al mantener la temperatura a 50°C durante este proceso la evaporación del más volátil es despreciable.

La corriente P12-3 ingresa a la primera torre de destilación D-3, donde se busca separar por tope el Metanol en mayor medida. Por el tope obtenemos la corriente P14 con una concentración de 99.5% de Metanol a 64.3°C y 100 kPa. Esta corriente se almacenará en el tanque PT-2. Por el fondo obtenemos la corriente P13-3 a 112.2°C y 100 kPa, compuesto por Agua, Glicerol, PG y EG.

La corriente P13-3 ingresa a ALM-1, un tanque pulmón que por seguridad del proceso almacena los productos que abastecen aguas abajo al mismo. Estos tanques dan autonomía de 24horas

En caso de que se presentara algún problema durante la operación este tanque daría tiempo a que se llevara a condición segura, o daría tiempo de resolver el problema del proceso sin ocasionar una

parada abrupta. Estos tanques aparecerán a la entrada de cada torre que se describirán más adelante.

De ALM-1 sale P13-2 y alimenta la segunda torre de destilación D-4 por medio de la bomba B-23 que bombea la corriente P13 (salida de B-23 condiciones: 112,2°C y 101kPa). En esta torre se quiere separar por tope agua en mayor medida.

Por el tope de la columna se obtiene la corriente P16 con una concentración de 94,5% de agua a 97.9°C y 100 kPa. Esta corriente se almacenará en el tanque PT3. Por el fondo obtenemos la corriente P15-3 a 195°C y 100 kPa, compuesto por glicerol, PG y EG.

La corriente P15-3 ingresa al tanque pulmón ALM-2, abastecerá con la corriente P15-2 a la bomba B-24 que bombea la corriente P15 (T=195°C y P=102 kPa) que alimenta la tercera torre de destilación D-5.

En la Torre D-5 donde se busca separar por tope propilenglicol en mayor medida. Por él tope se obtiene la corriente P18 con una concentración de 99,2% de propilenglicol a 187,3°C y 100 kPa. Esta corriente se almacenará en el tanque PT1. Por el fondo obtenemos la corriente P17-3 a 257,9°C y 100 kPa compuesto por glicerol y EG en mayor medida.

La corriente P17-3 ingresa al tanque ALM-3 que abastece al tramo faltante del proceso con la corriente P17-2 que se bombea con B-25. La salida de B-25 la corriente P17 (Condiciones: 257.9°C y 102 kPa.) ingresa en la cuarta y última torre de destilación D-6.

La torre D-6 separa por tope Etilenglicol en mayor medida. Por el tope se obtiene la corriente P19 con una concentración 99.9% de Etilenglicol a 196,9°C y 100 kPa. P19 se almacenará en el tanque PT4. Por último, en el fondo obtenemos la corriente P20-1 a 281,2°C y 100 kPa compuesto por 98,6% glicerol el cual se envía a la etapa de acondicionamiento de materia primas. La corriente P20-1 entra al tanque ALM-4. En él, una porción sale como la corriente P22 (281,2°C y 100 kPa), denominada la purga de líquidos, esto evita que se acumulen productos secundarios de la reacción de debido a la recirculación. Esta corriente se almacena y clasifica como glicerina grado industrial, que se puede comercializar. Las corrientes P20 (281,2°C y 100 kPa) es la corriente de reciclo, que recircula la glicerina de nuevo al reactor. Pero antes pasa por la bomba B-22, su salida P23 (281,2°C y 102 kPa), la glicerina sin reaccionar que se mezcla con la alimentación fresca de glicerina (P1/G24) en el punto de mezclado M-4.

5.2 DIAGRAMAS

El objetivo de esta sección es mostrar los primeros diagramas y el proceso que se atravesó para dar forma a los bloques de un diagrama simple. Llegando a la definir un conjunto de operaciones unitarias, que en conjunto cumplen la función de bloque.

5.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

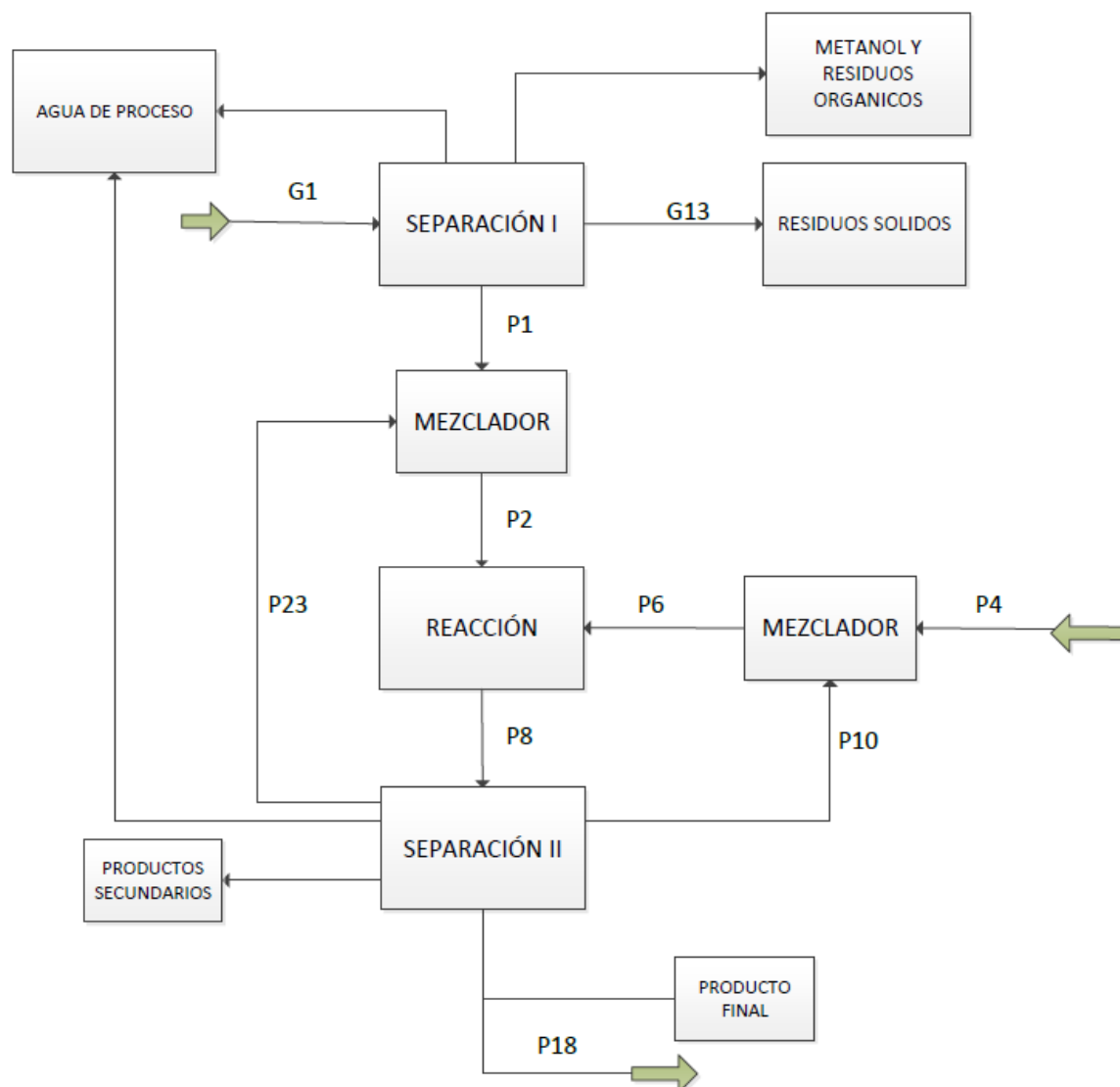
Descripción del diagrama de bloques.

En el siguiente diagrama, se observa las etapas básicas del proceso.

- Etapas de separación I: Comprende las operaciones de acondicionamiento de la glicerina, o sea la separación de sus impurezas para alcanzar el grado USP.
En esta etapa se obtiene como producto secundario, metanol y agua. Como residuos se generan, barros de sales inorgánicas y una mezcla de ácidos grasos.
- Etapas de reacción: Comprende al reactor principal y las operaciones unitarias que involucran el acondicionamiento de las corrientes a las condiciones del reactor. En este bloque ingresan las materias primas: glicerina USP y el hidrógeno. De salida obtenemos una corriente de productos de reacción.
- Etapas de separación II: Comprende todas las operaciones unitarias que se requieren para el refinamiento de la corriente de los productos de reacción P8, para así obtener todos los productos secundarios de reacción, materia prima sin reaccionar y el producto principal. Se recircula la glicerina no convertida y el hidrógeno sobrante P23 y P10. El agua generada se destina al punto donde se acumula el agua de proceso.
- Las corrientes que no tienen nombre, representan a más de una corriente de proceso en diagrama de proceso que en la sección siguiente se presentará.
- A continuación se encuentra el diagrama de bloque descripto.

DIAGRAMA DE BLOQUES – PROCESO DE PG

Rev03



5.2.2 DIAGRAMA DE PROCESO (Flowsheet)

El diagrama de Flujo del proceso (Flowsheet), es una representación más desarrollada del proceso que el que se observa en diagrama de bloques. Donde las etapas se dividen en un conjunto de equipos u operaciones unitarias interconectados entre sí para llevar a cabo el propósito de las etapas mencionadas, para la producción de propilenglicol.

En él, se definen de forma más metódica: Equipos, corrientes de proceso y sus condiciones. Es la base para el cálculo de los balances de materia y energía.

La descripción detallada del diagrama de proceso se encuentra en la sección 5.1 para más información.

Se Adjunta un bosquejo del diagrama de proceso completo como representación de los equipos que se utilizan para producir el propilenglicol.

Los balances fueron realizados en un simulador de procesos Aspen HYSYS. En él se deben definir las condiciones y parámetros de los componentes que intervienen en el proceso. Para ello se procede de la siguiente manera:

- Se seleccionará paquete de propiedades. Esto permite que simulador pueda calcular las propiedades físicas de los componentes intervinientes. El paquete de propiedades, debe elegirse con cuidado porque debe estimar las propiedades fisicoquímicas de los componentes químicos de forma certera. Esto dependerá de que grupo de compuestos químicos pertenezcan nuestros componentes de proceso (interacciones intermoleculares) y su estado de agregación.

Los paquetes de propiedades que se emplean en esta simulación para el cálculo de balances son:

- ✓ Extended NRTL – Ideal. Para el proceso de refinación de glicerina, llamado también zona 1.
- ✓ NRTL – Ideal. Cálculo de propiedades en el proceso de reacción y refinación de la mezcla de productos de reacción en la producción de propilenglicol, o llamado también zona 2.
- ✓ PRSV, Peng-Robinson Ecuación. Paquete utilizado para la determinación de propiedades en el proceso de destilación D-3.

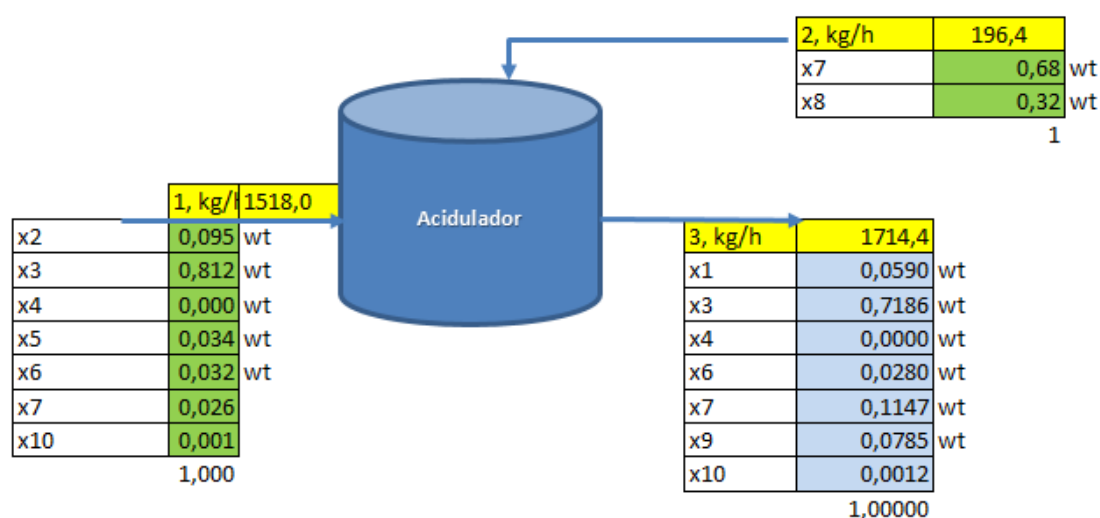
- Hay componentes del proceso, que el simulador no tiene incorporados, para ello se deben considerar como hipotéticos. Para ello, se cargan manualmente para que HYSYS con su paquete de correlaciones establezca los parámetros que va a utilizar en los cálculos.
- Componentes que no se encuentran incorporados son: las sales de ácidos grasos (Mezcla de jabones), proteínas (genérico).
- Por simplificación de las reacciones que suceden en el acidulador se considera como componente genérico, a la mezcla de ácidos grasos, tomando sus propiedades como valores promedio ponderado como representación en el sistema.
- Para el cálculo de propiedades fisicoquímicas de componentes hipotéticos, HYSYS pide como información la siguiente: Peso molecular (Molecular Weight), Temperatura de ebullición normal (Normal Boiling) °C y la densidad en condiciones normales de T y P (Ideal Liq. Density) en kg/m³. Para sólidos, como NaCl, HYSYS solicita el peso molecular, la densidad y el tamaño de partícula.
- El simulador toma como referencia para el cálculo de las entalpías de corrientes, las entalpías de formación de los componentes que componen las mismas a temperatura de referencia de 25 °C.
- El balance de materia y energía del acidulador, se realizó utilizando la herramienta, SpreadSheet, que es una hoja de cálculo que utiliza las corrientes e información de las mismas y permite hacer cálculos con ellas. Como dato de entrada se calculó de forma externa la entalpía de reacción de la siguiente forma.

Estimación de la entalpía de RXN de acidificación	
$R - COONa + HCl \rightarrow R - COOH + NaCl$	
Mediante el uso de energía de enlaces:	
Fórmula:	$\sum E_{\text{enlaces rotos}} - \sum E_{\text{enlaces formados}} = \Delta H_{\text{rxn}}$
Enlaces	EE, kJ/mol @ 298 K
Na-Cl	420
Na-O	272
O-H	430
H-Cl	431
E_rotos	703
E_formados	850
Ental_rxn	-147

Entalpía de reacción: De neutralización de catalizador.
$NaOH + HCl \rightarrow H_2O + NaCl$

Entalpías de formación	Valor kJ/mol @298 K	
NaOH	-514,5	Calculado
HCl	-166,573	
H ₂ O	-285,8	
NaCl	-410,9	
Ental_rxn	-348,773	

Junto con esta información, y las corrientes de HYSYS se realizan el balance de materia y energía.



T_1, °C	Temp de corriente 1	70
T_2, °C	Temp de corriente 2	70
T_3, °C	Temp de corriente 3	70
$\Delta H_{rxn} 1$, kJ/kmol	Entalpia de reaccion de RQ 1	-147000
$\Delta H_{rxn} 2$, kJ/kmol	Entalpia de reaccion de RQ 2	-348773,0

Estados de ref	Para todos los componentes
T ref *, °C	25
Estado	liquido
Entalpías	Datos de HYSYS
ΣH_{entr} , kJ/h	-1,18E+07
ΣH_{sal} , kJ/h	-1,22E+07
$\Sigma \Delta H_{rxn}$, kJ/h	-5,15E+05
Q_t, kJ/h	-9,32E+05

Error
0,00E+00

Estos datos resultan de cálculos auxiliares realizados, realizados por Excel que fueron nutriendo de datos la simulación, se anexa al final de este capítulo.

A continuación, se presenta el diagrama de proceso de forma ilustrativa. El documento se encuentra como anexo al finalizar el capítulo.



5.3 BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

Se refleja en el balance de materia y energía, la energía intercambiada como calor y trabajo en el proceso y las condiciones de cada corriente involucrada, caudal masico y composición.

5.3.1 Balance de la zona 1 – Refinado de Glicerina

Se presentan corriente a corriente las composiciones, condiciones de temperatura y presión, caudal y entalpias de la zona de refinado de glicerina.

ZONA 1	G1-2	G2	G3	G4	G5	A1
Caudal másico (kg/h)	2000	40	2040	2040	512,3	10,0
Temperatura (°C)	25	30,0	25,1	30,0	55,5	55,5
Presión (Kpa)	101	101,0	101,0	57,0	70,0	70,0
Entalpía (KJ/h)	-1,3E+07	-6,3E+05	-1,4E+07	-1,4E+07	-3,8E+06	-6,3E+04
Composición						
Glicerina	3,0000	0,0000	0,6039	0,6039	0,0000	0,0000
agua	0,0000	1,0000	0,0196	0,0196	0,0054	0,0023
Metanol	0,2610	0,0000	0,2559	0,2559	0,9946	0,9977
Ceniza	0,0240	0,0000	0,0235	0,0235	0,0000	0,0000
Ac. Carboxilicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH	0,0260	0,0000	0,0255	0,0255	0,0000	0,0000
HCl	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaCl	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Jabones	0,0720	0,0000	0,0706	0,0706	0,0000	0,0000
Proteínas	0,0010	0,0000	0,0010	0,0010	0,0000	0,0000
	Q101	Q102	Q103	Q104	Q105	Q106
Q, kJ/h	29546,0	973041,1	1698245,5	495149,1	46,68755449	63,3943695
W, kW					1,30E-02	1,76E-02

G6	G7	G8	G9	G10-2	G11-1	G12
1518	1518	512,3	1518	196,4	1714,4	1563,0
180,7	180,7	55,5	70,0	70,0	70	70,0
80,0	101,3	140,0	101,3	101,0	101	101
-9,1E+06	-9,1E+06	-3,8E+06	-9,6E+06	-2,2E+06	-1,2E+07	-1,2E+07
0,8117	0,8117	0,0000	0,8117	0,0000	0,7186	0,7881
0,0245	0,0245	0,0054	0,0245	0,6800	0,1147	0,1258
0,0016	0,0016	0,9946	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000
0,0316	0,0316	0,0000	0,0316	0,0000	0,0280	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0785	0,0861
0,0343	0,0343	0,0000	0,0343	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3200	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0590	0,0000
0,0949	0,0949	0,0000	0,0949	0,0000	0,0000	0,0000
0,0013	0,0013	0,0000	0,0013	0,0000	0,0012	0,0000
Q107	Q109	Q110	Q111	Q112	Q113	Q114
5,4724362	1,06925814	3,105556154	-11498,8	714592,2	379884,0	211989,9
1,52E-03	2,97E-04	8,63E-04				

G13	G14-1	G14-2	G15-1	G15-2	G15-3	G16-1
151,2	134,4	134,4	1426,6	1426,6	1426,6	1268,8
70,0	70,0	70,0	70,0	70	170,0	163,0
101,0	101,0	106,0	101,0	103	98,0	63,0
2,1E+04	-2,7E+05	-2,7E+05	-1,2E+07	-1,2E+07	-1,1E+07	-9,3E+06
0,0000	0,0000	0,0000	0,8624	0,8624	0,8624	0,9615
0,0000	0,0000	0,0000	0,1376	0,1376	0,1376	0,0385
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,3175	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,6689	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0136	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Q115	Q116	Q118	Q119	Q120	Q122	
628792,4	12,1070166	40,30887101	-36602,2	2,6181201	-936453,663	
	3,36E-03	1,12E-02		7,27E-04		

G16-2	G17	G18-1	G18-2	G19	G20-4
1268,8	157,8	157,8	157,8	157,8	37,7
163,0	162,7	72,7	72,7	72,7	85,9
66,0	53,0	51,0	46,0	101,0	60,0
-9,3E+06	-2,0E+06	-2,4E+06	-2,4E+06	-2,4E+06	-5,9E+05
0,9615	0,0653	0,0653	0,0653	0,0653	0,0000
0,0385	0,9347	0,9347	0,9347	0,9347	1,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

G23-3	G22	A3	G23-3	G24
1221,2	37,7	10,0	1221,2	1221,2
273,0	86,0	85,9	273,0	273,0
80,0	110,0	60	80	101,0
-8,1E+06	-5,9E+05	-1,3E+05	-8,1E+06	-8,1E+06
0,9990	0,0000	0,0000	0,9990	0,9990
0,0010	1,0000	1,0000	0,0010	0,0010
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

5.3.2 Balance de la zona 2 – Reacción y acondicionado del PG

Se presentan corriente a corriente las composiciones, condiciones de temperatura y presión, caudal y entalpías de la zona de reacción y acondicionamiento del propilenglicol.

ZONA 2	P1	P2	P3-2	P3-3	P3	P4	P5	P6
Caudal másico (kg/h)	1221,2	1523,8	1523,8	1523,8	1523,8	38,9	38,9	168,3
Temperatura (°C)	273,0	274,6	218,0	220,2	220,18	25	25	48,2
Presión (Kpa)	101,0	101,0	101,0	4801,0	4800,00	20000	4800	4800,0
Entalpía (KJ/h)	-8,1E+06	-1,0E+07	-1,0E+07	-1,0E+07	-1,0E+07	0,0E+00	0,0E+00	3,5E+04
Composición								
Hidrogeno	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,9893
Agua	0,0010	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0000	0,0000	0,0071
Propilenglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
Etilenglicol	0,0000	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0032
Glicerina	0,9990	0,9965	0,9965	0,9965	0,9965	0,0000	0,0000	0,0000
	Qt	Q-116	Q-102	H-101	Qcomp	Q-2	Q-101	Q-100
Q, kJ/h	-271444,2094	10121,72575	0,96759519	407756,0	-9158,19499	988254,6	648102,3	342521,8
W, kW		2,81E+00	2,69E-04		-2,54E+00			

P7	P8-1	P8-2	P8-3	P9	P10-1	P10-2	P10-3	P10-4
168,3	498,1	1191,8	1191,8	498,1	142,1	129,4	142,1	12,8
220	220	220	50,0	50,00	50,59	55,2	55,2	55,2
4800	4800	4800	4500,0	4500	4500	4800,0	4800,0	4800,0
4,4E+05	-2,7E+06	-8,1E+06	-8,7E+06	-3,7E+06	2,9E+04	3,8E+04	3,8E+04	3,4E+03
0,9893	0,2813	0,0001	0,0001	0,2813	0,9861	0,9861	0,9861	0,9861
0,0071	0,2994	0,0663	0,0663	0,2994	0,0092	0,0092	0,0092	0,0092
0,0004	0,3726	0,6445	0,6445	0,3726	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
0,0000	0,0136	0,0260	0,0260	0,0136	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0032	0,0275	0,0020	0,0020	0,0275	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041
0,0000	0,0056	0,2611	0,2611	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Q-103	Q-104	Q-105	Q-106	Q-107	Q-108	Q-109	Q-110	Q-111
-35423,8	1757596,3	1429631,023	100	0	2652464,81	2,39623178	100	2694779,2
						6,66E-04		

P11	P12-1	P12-2	P12-3	P13-3	P13-2	P13	P14	P15-3
1550,0	1550,0	1550,0	1550,0	1539,2	1539,2	1539,2	10,8	1299,0
50,6	50,6	50,7	50,8	112,2	112,2	112,2	64,3	195,0
4500,0	4500,0	4600,0	101,3	100,0	101,0	101,0	100,0	100,0
-1,2E+07	-1,2E+07	-1,2E+07	-1,2E+07	-1,2E+07	-1,2E+07	-1,2E+07	-6,7E+04	-8,1E+06
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000
0,1466	0,1466	0,1466	0,1466	0,1476	0,1476	0,1476	0,0029	0,0000
0,6162	0,6162	0,6162	0,6162	0,6205	0,6205	0,6205	0,0000	0,7289
0,0244	0,0244	0,0244	0,0244	0,0246	0,0246	0,0246	0,0000	0,0291
0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0031	0,0031	0,0031	0,9958	0,0000
0,2028	0,2028	0,2028	0,2028	0,2042	0,2042	0,2042	0,0000	0,2420
Q-112	Q-113	Q-114	Q-115	Q-116	Q-117	Q-118	Q-119	
64221,7	46010,3	4,2	100,0	10109,5	1,1103299	-797771,54	224,22055	
		1,17E-03		2,81E+00	3,08E-04		6,23E-02	

P15-2	P15	P16	P17-3	P17-2	P17	P18	P19	P20-1	P21	P22	P23
1299,0	1299,0	239,9	344,3	344,3	344,3	954,6	25,7	318,7	303	15,9	303
195,0	195,0	97,92	257,9	257,8	257,9	187,3	196,9	281,2	281,2	281,2	281,2
102,0	102,0	100,00	100,0	102,0	102,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	102,0
-8,1E+06	-8,1E+06	-3,6E+06	-2,3E+06	-2,3E+06	-2,3E+06	-5,7E+06	-1,7E+05	-2,1E+06	-2,0E+06	-1,1E+05	-2,0E+06
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,9455	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,7289	0,7289	0,0345	0,0000	0,0000	0,0000	0,9918	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0291	0,0291	0,0005	0,0869	0,0869	0,0869	0,0082	0,9995	0,0136	0,0136	0,0136	0,0136
0,0000	0,0000	0,0196	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,2420	0,2420	0,0000	0,9130	0,9130	0,9130	0,0000	0,0000	0,9864	0,9864	0,9864	0,9864

5.4 DISEÑO DE EQUIPOS

Los equipos de proceso asignados para realizar el diseño completo son:

- Torre de destilación T-101.
- Reactor RX01.

5.4.1 Diseño de Torre de Destilación T-101

La Torre T-101 es una operación de separación cuyo fin es separar el Agua del Glicerol para obtener la máxima pureza de la Glicerina. La Glicerina objetivo es de grado USP.

A continuación, se desarrollan los lineamientos del cálculo de número de platos requeridos para la operación, el diseño mecánico y termo hidráulico.

- La condición de alimentación es todo líquido.
- Temperatura de la corriente: 163°C
- Presión de operación: 66kpa

Torre de rectificación Glicerol-Agua				
Corriente	Caudal total (kmol/h)	Caudal glicerol (kmol/h)	Caudal agua (kmol/h)	Fracción molar glicerol
G16	15,9610652	13,2461	2,715	0,8299
G20-3	2,66455291	0,0176	2,647	0,0066
G23-3	13,2965123	13,2289	0,0676	0,9949

TORRE DE DESTILACIÓN GLICEROL-AGUA							
Etapa	Temp °C	Pres (Bar)	Caudales (kmol/h)		Alim (kmol/h)	Producto (kmol/h)	Energía (MJ/h)
			Líquido	Vapor			
condensador	86,1	0,60	0,08			2,6619	117,61
1	147,3	0,61	0,03	2,74			
2	162,9	0,63	15,98	2,69	15,96		
3	163,3	0,65	16,02	2,68			
4	163,7	0,66	16,06	2,72			
5	164,1	0,68	16,10	2,76			
6	164,5	0,70	16,14	2,80			
7	164,9	0,72	16,18	2,84			
8	165,3	0,74	16,22	2,88			
9	166,1	0,75	16,25	2,92			
10	175,1	0,77	16,37	2,95			
11	228,4	0,79	18,20	3,07			
rehervidor	273,0	0,80		4,90		13,299	511,18

Relación de Reflujo (molar)	0,300
-----------------------------	-------

Etapa	Temperatura (°C)	Líquido total que ingresa (kmol/h)
2	163,00	15,96

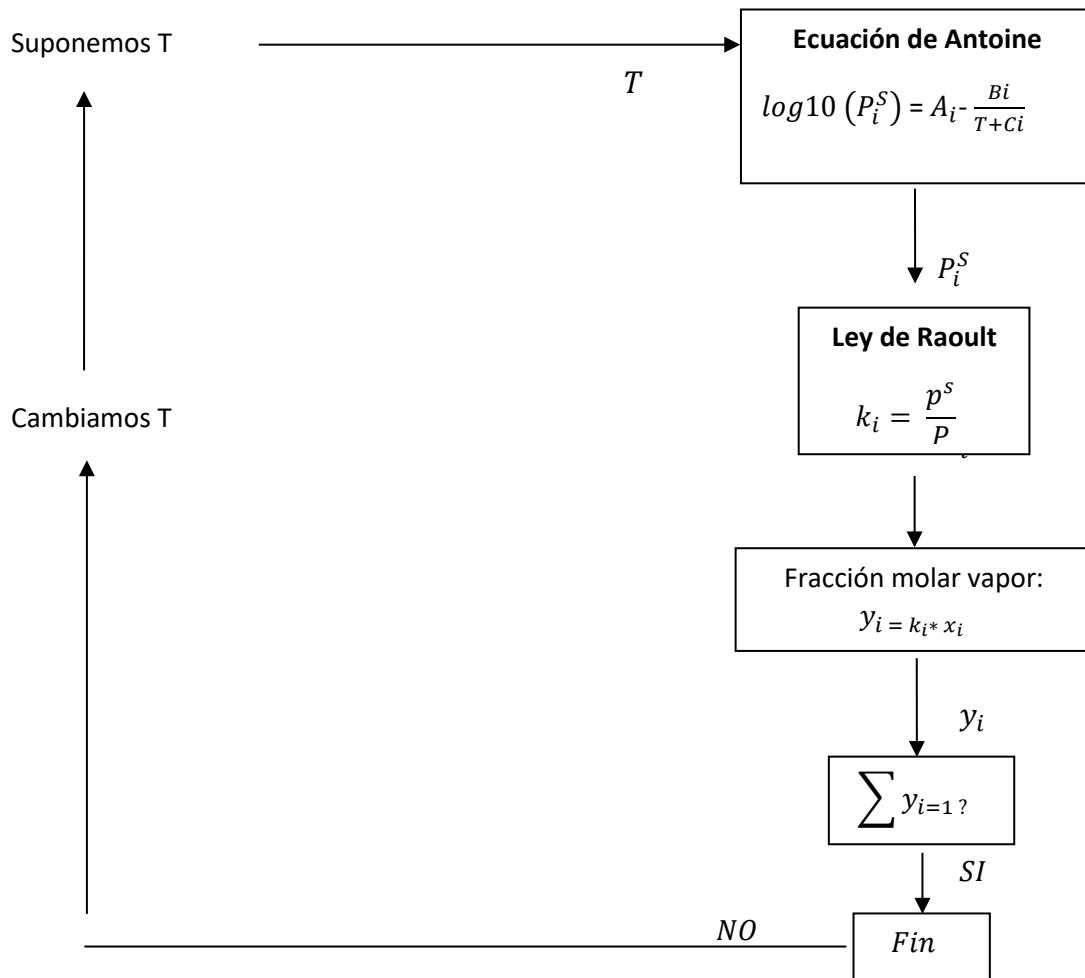
5.4.1.1 Construcción de la curva de equilibrio

Partimos de la base en que tenemos una mezcla Glicerol-Agua en el que nuestro objetivo es quitar toda el agua presente en nuestra corriente de Glicerol.

Para determinar el número de etapas requeridas en esta separación se procede en construir un diagrama Temperatura vs xy (composición de líquido-vapor) mediante el cálculo de punto de burbuja usando ley de Raoult, usando Excel como herramienta de cálculo. Como sigue el procedimiento que explica cómo se obtienen los datos,

Si conocemos P (Presión del sistema) y x_i (valor de composiciones líquidas), mediante el cálculo de punto de burbuja, podremos hallar T y y_i (valor de composiciones de vapor).

El algoritmo de cálculo se desarrolla como sigue,



Luego de seguir este algoritmo, se calcula en una planilla de Excel y los resultados quedan como sigue,

Ecuación de Antoine

$$\log(P_i^{Sat}) = A - \frac{B}{(T + C)} \quad T \text{ en } ^\circ\text{C} ; P \text{ en torr}$$

Constantes de Antoine				Fuente
Agua		glicerol		Tabla 13.4 Manual de Ing. Quimico Perry.
A	8,07131	A	9,91	
B	1730,63	B	3.821	
C	233,426	C	254	

Condiciones Operativas De torre			Fuente
P=525,043torr=70kpa			Tabla Manual de Ing. Quimico Perry.
P	525,043	Torr	
Teb Agua	89,99	°C	
Teb Glicerol	277,85	°C	

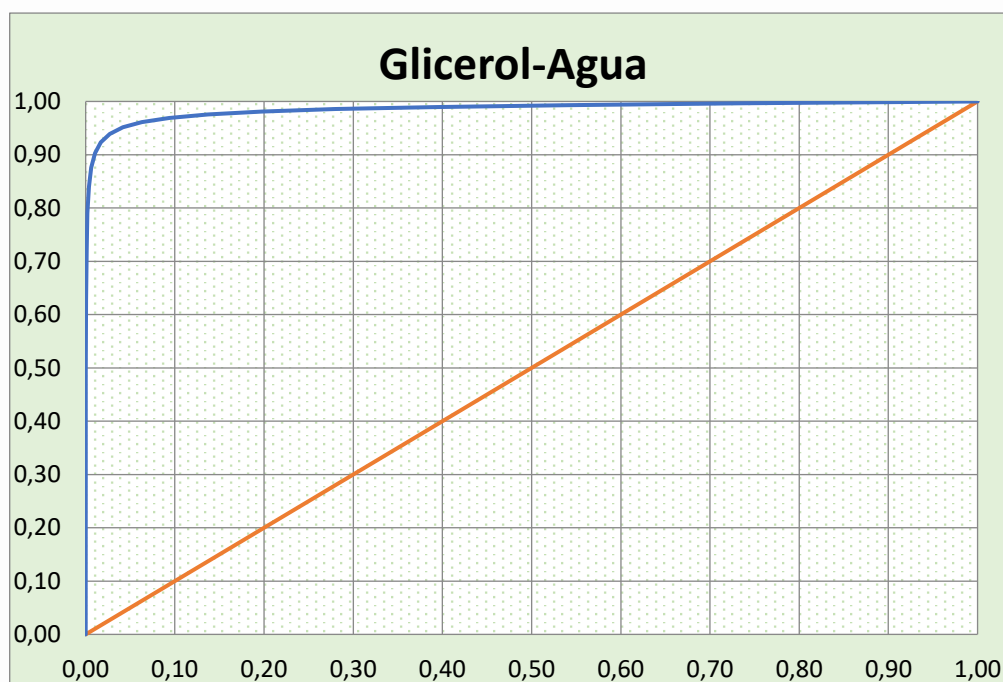
Se obtienen los datos calculados a partir de los planteos anteriores y se obtienen los valores que necesitamos para construir la curva de equilibrio x_i - y_i .

T	Pagua	Pglicero	xM	yM	Volatilidad
277,85	48570,45	525,04	0,00000	0,000000	#! DIV/0!
268,45	41977,96	389,87	0,00325	0,259859	107,67086
259,06	36078,96	286,36	0,00667	0,458229	125,99047
249,67	30826,86	207,93	0,01036	0,608084	148,25860
240,28	26175,50	149,15	0,01444	0,720035	175,50026
230,88	22079,36	105,62	0,01909	0,802682	209,05193
221,49	18493,80	73,78	0,02450	0,862926	250,67018
212,10	15375,19	50,80	0,03095	0,906247	302,68332
202,70	12681,19	34,44	0,03879	0,936949	368,20507
193,31	10370,91	22,97	0,04852	0,958368	451,43867
183,92	8405,08	15,06	0,06078	0,973061	558,11443
174,53	6746,28	9,69	0,07650	0,982954	696,12654
165,13	5359,02	6,11	0,09694	0,989484	876,47076
155,74	4209,99	3,78	0,12393	0,993698	1114,64296
146,35	3268,08	2,28	0,16007	0,996351	1432,75276
136,95	2504,52	1,34	0,20921	0,997975	1862,76340
127,56	1892,97	0,77	0,27707	0,998937	2451,53245
118,17	1409,50	0,43	0,37231	0,999484	3268,78012
108,77	1032,66	0,23	0,50833	0,999781	4419,89880
99,38	743,40	0,12	0,70623	0,999931	6066,91791
89,99	525,04	0,06	1,0000	1,000000	#! DIV/0!

Volatilidad Promedio	639,160201
----------------------	------------

De aquí sacamos la curva líquido-vapor del sistema agua-Glicerol para realizar los diseños que se requieren.

El diagrama representa en las abscisas, a las composiciones de x_i para el sistema Agua-Glicerol y en las ordenadas a las fracciones y_i



5.4.1.2 Cálculo de platos teóricos con método gráfico – Mc Cabe Thiele

El método de McCabe-Thiele se considera el método más simple y quizás el más instructivo para el análisis de la destilación binaria. Utiliza el hecho de que la composición en cada placa teórica (o etapa de equilibrio) está completamente determinada por la fracción molar de uno de los dos componentes y se basa en el supuesto de un desbordamiento molar constante que requiere que:

- Los calores molares de vaporización de los componentes de alimentación son iguales.
- Por cada mol de líquido vaporizado, se condensa un mol de vapor.
- Los efectos del calor como los calores de solución son despreciables.

El método fue publicado por primera vez por Warren L. McCabe y Ernest Thiele en 1925.

Se calcula los platos teóricos

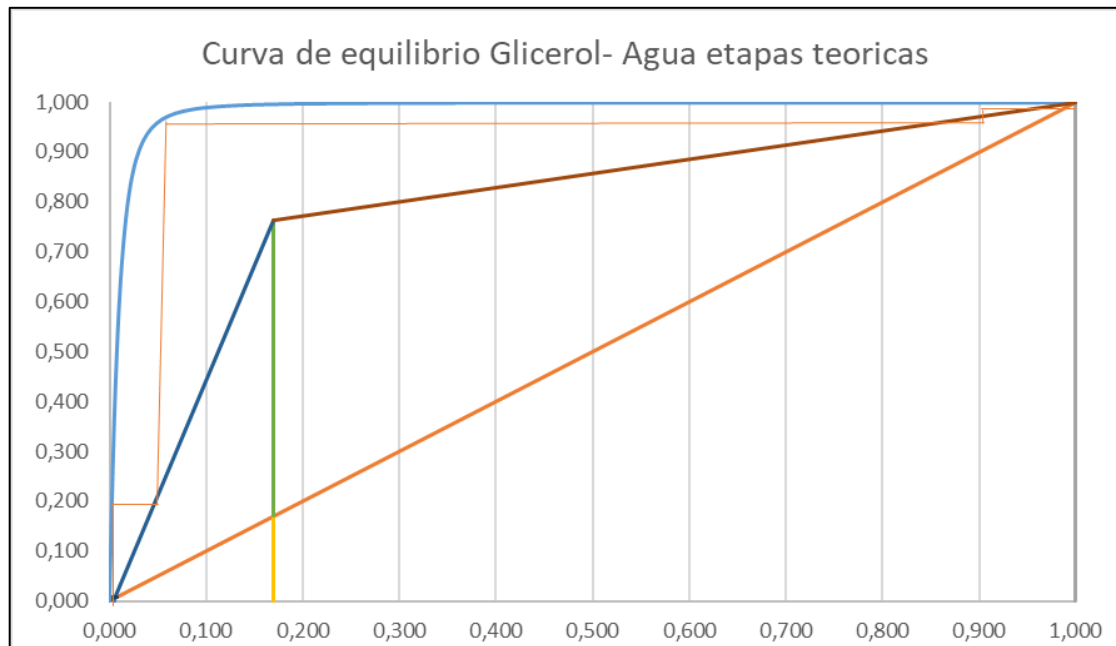
Torre de rectificación Glicerol -Agua 0,6 Bar	
	Base molar

	Corriente	Caudal total (kmol/h)	Caudal --glicerol (kmol/h)	Caudal agua (kmol/h)	Fracción molar Agua
F1	G16	15,96106516	13,2461	2,7150	0,1701
D	G20-3	2,646877285	0,0000	2,6469	1,0000
W	G23-3	13,31418788	13,2465	0,0677	0,0051

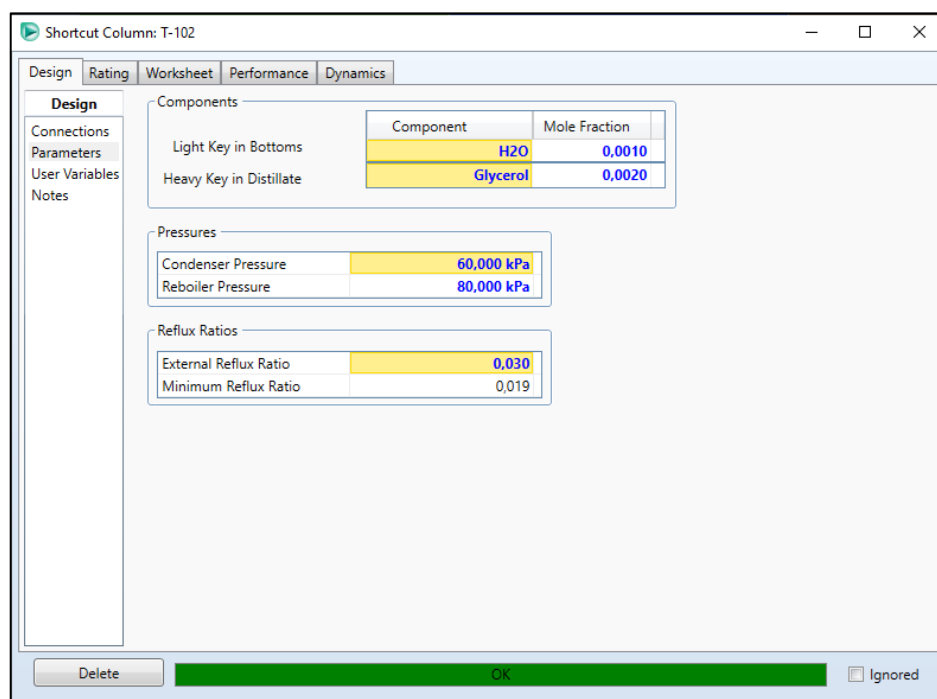
Metanol-Agua		Fuente	R _{min}	
P= 1atm		Perry Cap. 13	x	Y
Fracción molar de Glicerol			1,0000	1,0000
X	y		0,1710	0,4217
0,000	0,000		0AO	0,3024
0,003	0,260		A (F1/D)	1,1988
0,007	0,458		R _{min}	0,9832
0,010	0,608		R _{op}	0,3000
0,014	0,720			
0,019	0,803			
0,024	0,863			
0,031	0,906			
0,039	0,937			
0,049	0,958			
0,061	0,973			
0,077	0,983			
0,097	0,989			
0,124	0,994			
0,160	0,996			
0,209	0,998			
0,277	0,999			
0,372	0,999			
0,508	1,000			
0,706	1,000			
1,000	1,000			

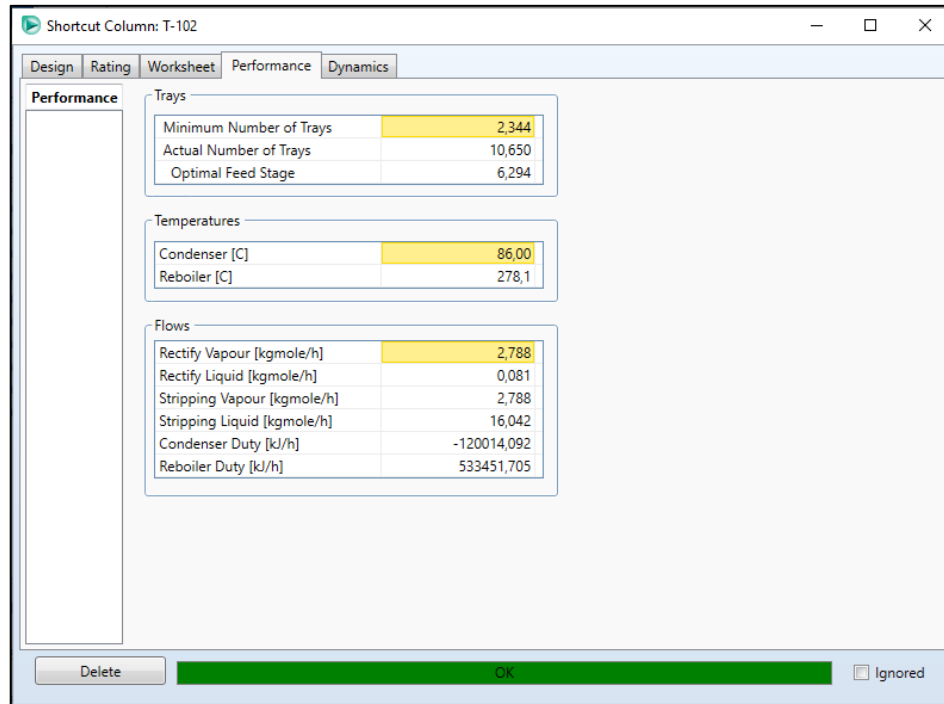
LOZR	
pte	0,5998
0AO	0,0020
x	Y
0,7619	0,1701
0,0051	0,0051

LOZA	
x	Y
0,7619	0,1701
0.001	0.001
pte	1.14
0AO	0



A través de HYSYS se calcula los platos reales por medio del SHORTCUT





Cálculo número de platos reales;

Eficiencia de Etapa: Correlaciones Empíricas

La eficiencia total,

$$E_o = \frac{N_{ideal}}{N_{total}}$$

Correlaciones empíricas, se han observado:

- Drickamer & Bradford (157-420 F; 14,7-366 psia; 0,066-0,355 cP):

$$E_o = 13,3 - 66,8 \log \mu [\text{cP}]$$
- O'Connell (0,1-10 cP):

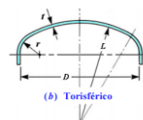
$$E_o = 50,3(\alpha \cdot \mu [\text{cP}])^{-0,226}$$

Propiedad	Descripción	Valor	Unidades	Fuente
Platos teóricos		3		Mc cabe

μ_{Agua}	viscosidad	0,19	cp	Tabla 2-365 Perry
μ_{glicerol}	viscosidad	1,49	cp	Tabla 2-365 Perry
μ_{alim}	viscosidad	1,4900	cp	
A	volatilidad	639,1600		
Abs	Abscisa gráfico	1,4285		Fig. 6.25 Treybal. O'Connell
E	Eficiencia global platos	0,368		Fig. 6.25 Treybal. O'Connell
Platos reales		10		
E	Eficiencia global platos	0,083		Corr. Lockett Cap 21 Mc Cabe
E	Eficiencia global platos	0,017		Corr. Drickamer & Bradford (157-420 F; 14,7-366 psia; 0,066-0,355 cP)
E	Eficiencia global platos	0,107		Corr. O'Connell (0,1-10 cp) Adoptado de Seader & Henley Ch7
Platos reales		11		Efic. Por Corr. Drickamer & Bradford (157-420 F; 14,7-366 psia; 0,066-0,355 cP)
Platos reales		11		Efic. Por Corr. Lockett Cap 21 Mc Cabe
Plato alim		2		Efic. Por Corr. Drickamer & Bradford (157-420 F; 14,7-366 psia; 0,066-0,355 cP)
Plato alim		2		Efic. Por Corr. Lockett Cap 21 Mc Cabe

Los cálculos son agregados en el Anexo 3-Memoria de cálculo Torre de destilación de Glicerol-Agua.

Tabla resumen de torre de destilación:

TORRE DE RECTIFICACIÓN GLICEROL						
Tipo de servicio			Destilación de la mezcla Glicerol-agua			
Nº de unidades			1			
PERFORMANCE						
	Caudal másico (kg/h)	Temperatura (°c)	Presión (Bar)	Composición		Entalpía (kcal/h)
				Glicerol	Agua	
Alimentación G-16	1268,84	152,1	0,60	0,8299	0,1701	-48576
Producto de cabeza G20-3	39,31	86,16	0,61	0,0660	0,9340	-217420
Producto de fondo G23-3	1219,53	273	0,80	0,9949	0,0051	-36530
Relación de reflujo				0,03		
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD						
Platos	Nº	11	Tipo		Perforados	
	Separación (m)	0,6	Rendimiento		0,92	
	Espesor (cm)	1,92				
Columna	Diámetro int (m)	0,79	Diámetro ext (m)		0,79	
	Espesor (cm)	0,30	Altura (m)		9,54	
	Aislamiento (cm)	12				
Reboiler	Calor intercambiado (MJ/h)	511,20	Fluido calefactor (Vapor)			
	Area Calefacción (m2)	28,4	Te (°c)		180	
			Ts (°c)		115	
Condensador	Calor intercambiado (MJ/h)	117,60	Fluido refrigerante (Agua)			
			Te (°c)		2	
	Area Enfriamiento (m2)	30,16	Ts (°c)		60	
			77880			
CONSTRUCCIÓN						
Items	Material	Dimensiones cabezal (tipo Toriesferico)				
Platos	Acero inoxidable AISI 316	L (diámetro, ln)	31			
Carcaza	Acero inoxidable AISI 316	t/L	0,003			
Conexiones	Acero inoxidable AISI 316	r(ln)	0,86			
Tubos	Acero inoxidable AISI 316	H (altura, cm)	15,59			
Aislante	Lana de vidrio	t (espesor, ln)	0,1			
Boquillas de alimentacion, salida y reflujo						
Corriente	Diámetro (m)	Tipo de brida	Corriente	Diámetro (m)	Tipo de brida	
Alimentación G-16	1	con cuello para soldar	Fondo	0,64	con cuello para soldar	
Tope	0,81	con cuello para soldar	Alimentacion reboiler	1	con cuello para soldar	
Reflujo liquido	1/4	con cuello para soldar				

Registros de inspección

Los recipientes sometidos a corrosión interna, erosión o abrasión mecánica, deben proveerse de un registro para hombre (manhole), un registro para mano (handhole) u otras aberturas de inspección para mantenimiento, carga o descarga de sólidos, entre otras razones, estas deben ser de preferencia circulares, elípticos u oblongos siendo las más fáciles de construir los primeros. Para torres de platos se recomienda instalar un manhole cada 10 o 20 platos y uno sobre la alimentación, siendo el diámetro recomendado para este tipo de aberturas una variante entre los diseñadores, siempre se encuentre entre 16 y 24 in, además la norma UG-46 del código ASME, indica para diámetros internos mayores a 36 in que la opción de registro más económica, es un registro de hombre con un mínimo de 15 in de diámetro interior o dos boquillas con tubo de 6 in de diámetro.

Teniendo en cuenta las dimensiones de éste diseño se eligió instalar dos registros de tipo manhole, uno sobre el espacio de la alimentación y otro cercano al plato 7; el diámetro elegido es de 16 in ya que es un diámetro acorde a la constitución fisiológica de la población.

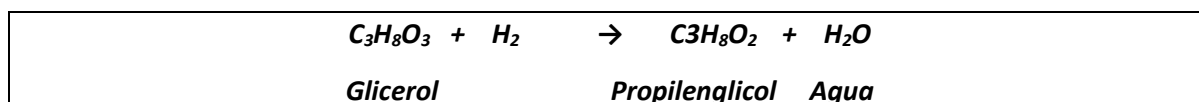
5.4.2 Diseño de Reactor RX-01

El reactor RX-01 es el principal en el proceso, ya que en él ocurre la formación del producto principal “PROPILENGLICOL”.

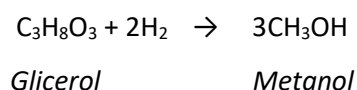
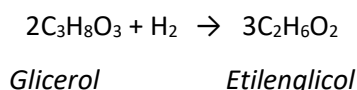
Este reactor es un sistema heterogéneo que se compone de 3 fases; el catalizador (Cu/ZnO/Al₂O₃) [1:1:0,5 respectivamente] como fase sólida, Glicerol como fase líquida que ingresa por el tope y el Hidrógeno por fondo y en contracorriente con una relación 1:5 molar. En el ocurren una serie de reacciones que, en presencia del catalizador, propicia la selectividad de síntesis hacia al propilenglicol.

El sistema de reacción es el siguiente.

Reacción principal:



Reacciones secundarias:



En las secciones siguientes, se profundizan las etapas que se requieren para éste diseño, en el cual debemos considerar,

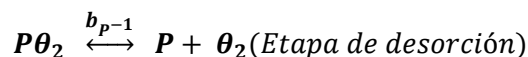
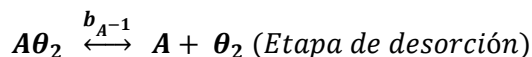
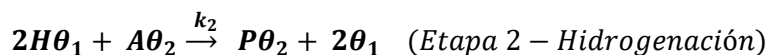
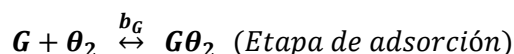
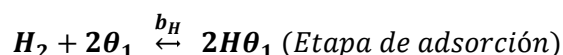
- ✓ Aspectos cinéticos de la reacción.
- ✓ Cantidad de catalizador requerida y especificaciones.
- ✓ Diseño hidráulico: cálculo de pérdida de carga y consideraciones.
- ✓ Diseño mecánico: aspectos estructurales.

- ✓ Diseño térmico: características del sistema térmico.

5.4.2.1 Aspectos cinéticos de la reacción

Este es un sistema de reacciones exotérmico, en el que el mecanismo de la reacción principal consiste en 2 etapas: la deshidratación del Glicerol en Acetol, que es una especie intermediaria, luego ocurre la hidrogenación del Acetol para dar 1,2-PROPILENGLICOL. Estas etapas ocurren en los 2 tipos de sitios activos de Langmuir-Hinshelwood (L-H) del catalizador de alta selectividad utilizado.

Mecanismo



Donde,

θ_1 , θ_2 denotan los sitios activos para el Hidrógeno y moléculas orgánicas, respectivamente.

b_H , b_G , b_A , b_P son las constantes de adsorción del Hidrógeno, Glicerol, Acetol y Propilenglicol, respectivamente.

k_1 , k_2 representan las constantes de velocidad de deshidratación del Glicerol en acetol y la hidrogenación de Acetol a Propilenglicol, respectivamente.

Teniendo en cuenta la hipótesis del estado estacionario para los intermediarios adsorbidos, las expresiones de velocidad para las 2 etapas anteriores se definen como sigue;

$$r_1 = \frac{k_1 b_G c_G}{1 + b_G c_G + b_A c_A + b_P c_P} \quad (1)$$

$$r_2 = \frac{k_2 b_A c_A b_H P_H}{(1 + b_G c_G + b_A c_A + b_P c_P)(1 + \sqrt{b_H P_H})^2} \quad (2)$$

Donde,

c_G , c_A , c_P son las concentraciones molares de Glicerol acetol y propilenglicol, respectivamente y P_H es la presión del hidrogeno.

Las dependencias de temperatura de las constantes de velocidad y de equilibrio pueden expresarse como sigue;

$$k_i = k_i^0 \exp[-E_i/(R_g T)], \quad i = 1, 2 \quad (3)$$

$$b_j = b_j^0 \exp[Q_j/(R_g T)], \quad j = G, A, H, P \quad (4)$$

Donde,

E_i es la energía de activación de la i -ésima reacción y Q_j es la energía de activación de adsorción de la especie j .

k_i^0 es el factor preexponencial de la reacción de la reacción i en unidades mol/g. s

b_j^0 es el factor preexponencial de la adsorción de especie j en unidades m^3/mol

R_g es esta constante universal de los gases kJ/mol. K

T es la temperatura del sistema de reacción en unidades K, kelvin.

Las siguientes ecuaciones diferenciales representan el balance materia en el reactor para una diferencial de masa de catalizador. El cambio de los caudales de Glicerina y propilenglicol están dado por:

$$\frac{dF_G}{dm_c} = -r_1 \quad (5)$$

$$\frac{dF_P}{dm_c} = r_2 \quad (6)$$

Donde,

F_P , es el caudal molar del Propilenglicol en kmol/h.

F_G , es el caudal molar de la glicerina en kmol/h.

m_c , es la masa de catalizador en g, gramos.

El estudio de la cinética de esta reacción por Zhou et al, determina que la etapa más lenta es la etapa 1, en otras palabras, la deshidratación de la glicerina a acetol es la etapa controlante, en comparación a la etapa 2, hidrogenación del acetol. También, se desprecia el efecto de la transferencia de materia en el sistema, dado que no hay resistencia a la transferencia de los reactivos hacia los poros del catalizador se produce de forma rápida.

Por lo tanto, para el cálculo de masa de catalizador y volumen de la masa reaccionante se basará en la siguiente ecuación diferencial como ecuación de diseño.

$$\frac{dF_G}{dm_C} = -r_1 \quad (7)$$

Esta expresión, no servir para calcular la cantidad de catalizador y el volumen de la masa reaccionante.

5.4.2.2 Cantidad de catalizador requerida y especificaciones

El régimen de flujo en el reactor se considera que es flujo pistón para la fase líquida y gaseosa en reactor RX-1. En este régimen de flujo la concentración y conversión varía a lo largo del reactor, pero en el sentido radial del mismo la concentración se mantiene constante, esto quiere decir que en esa orientación se produce la mezcla completa.

Se expresa la ecuación diferencial de diseño en función de la temperatura, T y la conversión del reactivo limitante x_G , que en este caso es la glicerina, dado que el hidrógeno entra en exceso.

El Reactor es un reactor que opera en condiciones isotérmica y alta presión. El reactor indicado para este sistema heterogéneo, es el reactor de lecho por goteo, tricked-bed.

Para obtener la masa de catalizador necesaria para producir propilenglicol en las condiciones de operación que se definirán a continuación será:

$$\int_0^{m_C} dm_C = \int_{F_G^0}^{F_G} \frac{dF_G}{-r_1}$$

Para poder integrar la expresión anterior, la velocidad de reacción, r_1 , se expresa en función de la conversión de glicerol. Fórmula desarrollada

$$\int_0^{m_C} dm_C = \int_0^{x_G} \frac{F_G^0 \cdot \left[1 + b_G \cdot (C_G^0 \cdot (1 - x_G)) + b_A \cdot C_G^0 \cdot x_G + b_{PG} \cdot C_G^0 \cdot x_G \right]}{k_1 \cdot b_G \cdot (1 - x_G) \cdot C_G^0} \cdot dx_G$$

Las constantes cinéticas, k_1 ; las constantes de adsorción b_G , b_A y b_{PG} dependen de la temperatura, estas son constantes debido a que el reactor es isotérmico. Y se calculan tomando las ecuaciones que definieron anteriormente utilizando la temperatura de operación como dato de entrada.

Se utiliza el método de integración numérica de Simpson para resolver esta integral. A continuación se muestra los datos de entrada, condiciones de operación del reactor.

TABLA 2, Parámetros Cinéticos. Estudio Zhou et al.

Table 2 Estimated kinetic parameters from experimental data		
	Parameter	
	Preexponential factor ^①	activation energy ^②
k_1	1.54×10^4	86.56
k_2	7.16×10^3	57.80
b_G	2.22×10^{-3}	36.42
b_A	8.73×10^{-3}	25.94
b_P	5.80×10^{-3}	25.77
b_H	1.86×10^{-5}	36.24

① The units for k_i and b_i (exclude H_2) are $\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ and $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$, respectively; the unit for b_H is MPa^{-1} . ② The unit for activation energy is $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Tabla A: Factores y constantes determinados de las expresiones (3) y (4).

Variable	Descripción	Valor	Unidades
E1	Energía de activación	86,56	kJ/mol
k01	Factor preexponencial	1,54E+04	mol/g. s
Q_g	Energía de activación adsorción glicerina	36,42	kJ/mol

Q _a	Energía de activación adsorción Acetol	25,94	kJ/mol
Q _{pg}	Energía de activación adsorción Propilenglicol	25,77	kJ/mol
b _{0g}	Factor preexponencial de la Glicerina	2,22E-03	m ³ /mol
b _{0a}	Factor preexponencial del acetol	8,73E-03	m ³ /mol
b _{pg}	Factor preexponencial del propilenglicol	5,80E-03	m ³ /mol
ρ	Densidad	1250,00	kg/m ³
ε	Porosidad	0,70	

Se fija una cantidad de particiones n, mientras mayor sea n más exacta será la integración numérica. Este parámetro junto con las condiciones iniciales de operación del reactor de detallan debajo.

TABLA B: Datos iniciales del sistema

Condiciones iniciales			
Variable	Descripción	Valor	Unidades
T _{op}	Temperatura de operación del reactor	494	K
X _g	Conversión de glicerina (rvo. limitante)	0,81	---
P _{op}	Presión de operación del reactor	4,8	MPa
C _{0G}	Concentración inicial Glicerina	13,7	kmol/m ³
C _{0A}	Concentración inicial Acetol	0,000000	kmol/m ³
F _{G0}	Caudal inicial de glicerina	16,46	kmol/h
v ₀	Caudal volumétrico	1,2	m ³ /h
k ₁	Constante cinética de la rxn 1	3,90E-05	kmol/g.h
b _G	Constante de Adsorción de la glicerina	15,8	m ³ /mol
b _A	Constante de Adsorción del Acetol	4,8	m ³ /mol
b _{PG}	Constante de Adsorción del Propilenglicol	3,1	m ³ /mol
R	Constante de los gases	0,008	kJ/molK

h	Paso	0,0081	
n	Particiones	100	

Donde el paso se define como;

$$h = \frac{x_G - x_G^0}{n}$$

Donde $x_G^0 = 0$, es la conversión de glicerina en las condiciones iniciales.

Algoritmo de Calculo

1. Se define n y se calcula h, el paso.
2. Con el paso y las condiciones límites de conversión, se determina los n valores de x_G (xi).
3. Se calcula la concentración de CG, concentración de Glicerina, para cada x_G obtenida de la partición. Esta se calcula:

$$C_G = C_G^0 - x_A \cdot C_G^0$$

4. Se calcula x_A , a partir de la definición de la selectividad del glicerol tiene para convertirse en acetol

$$s = \frac{C_A^0 - C_A / C_A^0}{C_G^0 - C_G / C_G^0} = \frac{a \cdot x_A}{g \cdot x_G} = \frac{x_A}{x_G}$$

Donde $a=g=1$, son los coeficientes estequiométricos de las reacciones de la etapa 1. Entonces nos queda la siguiente expresión para calcular X_A de cada paso de conversión.

$$x_A = s \cdot x_G$$

5. Calculado X_A , Se determina la concentración de acetol, C_A de la siguiente forma:

$$C_A = C_A^0 + C_G^0 \cdot x_G \cdot s \quad (1)$$

Donde $C_A^0 = 0 \text{ kmol/m}^3$ inicialmente no hay acetol en el sistema. La expresión (1) se obtiene de las ecuaciones de balance de los componentes que intervienen en la reacción.

- Se calcula la concentración de propilenglicol, C_{PG} , por medio de esta ecuación, para cada conversión x_i :

$$C_{PG} = (1 - s) \cdot C_G^0 \cdot x_G$$

Esta expresión, deriva de los balances de materia del propilenglicol y los otros componentes.

- Se calcula la velocidad de reacción de la etapa 1, r_1 , utilizando la expresión siguiente (definida en párrafos anteriores).

$$r_1 = \frac{k_1 b_G c_G}{1 + b_G c_G + b_A c_A + b_P c_P}$$

Los coeficientes b_G , b_A , b_P , k_1 , se encuentran calculadas en la tabla A, estos se mantienen constantes en todo el proceso de cálculo del reactor debido a su operación isotérmica.

- Se calcula el inverso de la velocidad de reacción, $1/r_1$, para cada conversión de la tabla.
- Se calcula el diferencial de masa de catalizador dm , para cada punto de conversión, utilizando la ecuación de diseño ecuación (7).
- Se pondera con 1 a los extremos de intervalo de conversión, 2 a los n pares y 4 a los n impares.
- Se aplica método de integración numérica Simpson para determinar la masa de catalizador m_c .
- El Volumen de la masa reaccionantes se obtiene de:

$$V_R = \frac{m_c}{\rho \cdot (1 - \varepsilon)}$$

Donde ρ y ε son la densidad y porosidad del catalizador. Estos datos se encuentran en la TABLA B.

TABLA C: Integración numérica para el cálculo de la masa de catalizador, aplicando el algoritmo de cálculo.

N	x_Gi	C_G	x_G.s	C_A	C_pg	ri	1/ri	F_go/ri	Ponderación	Subproducto
1	0,0081	13,61	0,00	1,3E-03	1,1E-01	3,9E-05	2,6E+04	424528	1	424528
2	0,0162	13,49	0,02	2,2E-01	2,2E-01	3,9E-05	2,6E+04	427312	2	854623
3	0,0243	13,38	0,02	3,3E-01	3,3E-01	3,8E-05	2,6E+04	429094	4	1716375
4	0,0324	13,27	0,03	4,4E-01	4,4E-01	3,8E-05	2,6E+04	430906	2	861811
5	0,0405	13,16	0,04	5,5E-01	5,5E-01	3,8E-05	2,6E+04	432748	4	1730993
6	0,0486	13,05	0,05	6,6E-01	6,6E-01	3,8E-05	2,6E+04	434622	2	869245
7	0,0567	12,94	0,06	7,7E-01	7,7E-01	3,8E-05	2,7E+04	436528	4	1746114
8	0,0648	12,83	0,06	8,8E-01	8,8E-01	3,8E-05	2,7E+04	438468	2	876935
9	0,0729	12,72	0,07	9,9E-01	9,9E-01	3,7E-05	2,7E+04	440441	4	1761763

10	0,081	12,61	0,08	1,1E+00	1,1E+00	3,7E-05	2,7E+04	442448	2	884897
11	0,0891	12,49	0,09	1,2E+00	1,2E+00	3,7E-05	2,7E+04	444492	4	1777968
12	0,0972	12,38	0,10	1,3E+00	1,3E+00	3,7E-05	2,7E+04	446572	2	893144
13	0,1053	12,27	0,10	1,4E+00	1,4E+00	3,7E-05	2,7E+04	448690	4	1794760
14	0,1134	12,16	0,11	1,5E+00	1,5E+00	3,7E-05	2,7E+04	450847	2	901693
15	0,1215	12,05	0,12	1,6E+00	1,6E+00	3,6E-05	2,8E+04	453043	4	1812172
16	0,1296	11,94	0,13	1,8E+00	1,8E+00	3,6E-05	2,8E+04	455280	2	910561
17	0,1377	11,83	0,14	1,9E+00	1,9E+00	3,6E-05	2,8E+04	457560	4	1830238
18	0,1458	11,72	0,14	2,0E+00	2,0E+00	3,6E-05	2,8E+04	459882	2	919764
19	0,1539	11,61	0,15	2,1E+00	2,1E+00	3,6E-05	2,8E+04	462249	4	1848996
20	0,162	11,49	0,16	2,2E+00	2,2E+00	3,5E-05	2,8E+04	464662	2	929323
21	0,1701	11,38	0,17	2,3E+00	2,3E+00	3,5E-05	2,8E+04	467121	4	1868486
22	0,1782	11,27	0,18	2,4E+00	2,4E+00	3,5E-05	2,9E+04	469630	2	939260
23	0,1863	11,16	0,18	2,5E+00	2,5E+00	3,5E-05	2,9E+04	472188	4	1888752
24	0,1944	11,05	0,19	2,6E+00	2,6E+00	3,5E-05	2,9E+04	474798	2	949595
25	0,2025	10,94	0,20	2,7E+00	2,7E+00	3,4E-05	2,9E+04	477460	4	1909841
26	0,2106	10,83	0,21	2,9E+00	2,9E+00	3,4E-05	2,9E+04	480178	2	960355
27	0,2187	10,72	0,22	3,0E+00	3,0E+00	3,4E-05	2,9E+04	482951	4	1931805
28	0,2268	10,61	0,22	3,1E+00	3,1E+00	3,4E-05	3,0E+04	485783	2	971566
29	0,2349	10,49	0,23	3,2E+00	3,2E+00	3,4E-05	3,0E+04	488675	4	1954700
30	0,243	10,38	0,24	3,3E+00	3,3E+00	3,3E-05	3,0E+04	491629	2	983257
31	0,2511	10,27	0,25	3,4E+00	3,4E+00	3,3E-05	3,0E+04	494646	4	1978584
32	0,2592	10,16	0,26	3,5E+00	3,5E+00	3,3E-05	3,0E+04	497730	2	995459
33	0,2673	10,05	0,26	3,6E+00	3,6E+00	3,3E-05	3,0E+04	500881	4	2003525
34	0,2754	9,94	0,27	3,7E+00	3,7E+00	3,3E-05	3,1E+04	504103	2	1008207
35	0,2835	9,83	0,28	3,8E+00	3,8E+00	3,2E-05	3,1E+04	507398	4	2029594
36	0,2916	9,72	0,29	4,0E+00	4,0E+00	3,2E-05	3,1E+04	510769	2	1021537
37	0,2997	9,61	0,30	4,1E+00	4,1E+00	3,2E-05	3,1E+04	514217	4	2056868
38	0,3078	9,49	0,30	4,2E+00	4,2E+00	3,2E-05	3,1E+04	517746	2	1035492
39	0,3159	9,38	0,31	4,3E+00	4,3E+00	3,2E-05	3,2E+04	521359	4	2085435
40	0,324	9,27	0,32	4,4E+00	4,4E+00	3,1E-05	3,2E+04	525058	2	1050116
41	0,3321	9,16	0,33	4,5E+00	4,5E+00	3,1E-05	3,2E+04	528847	4	2115387
42	0,3402	9,05	0,34	4,6E+00	4,6E+00	3,1E-05	3,2E+04	532729	2	1065457
43	0,3483	8,94	0,34	4,7E+00	4,7E+00	3,1E-05	3,3E+04	536707	4	2146828
44	0,3564	8,83	0,35	4,8E+00	4,8E+00	3,0E-05	3,3E+04	540786	2	1081571
45	0,3645	8,72	0,36	4,9E+00	4,9E+00	3,0E-05	3,3E+04	544968	4	2179873
46	0,3726	8,61	0,37	5,0E+00	5,0E+00	3,0E-05	3,3E+04	549259	2	1098517
47	0,3807	8,49	0,38	5,2E+00	5,2E+00	3,0E-05	3,4E+04	553661	4	2214646
48	0,3888	8,38	0,38	5,3E+00	5,3E+00	2,9E-05	3,4E+04	558181	2	1116362
49	0,3969	8,27	0,39	5,4E+00	5,4E+00	2,9E-05	3,4E+04	562822	4	2251287
50	0,405	8,16	0,40	5,5E+00	5,5E+00	2,9E-05	3,4E+04	567589	2	1135178
51	0,4131	8,05	0,41	5,6E+00	5,6E+00	2,9E-05	3,5E+04	572488	4	2289951
52	0,4212	7,94	0,42	5,7E+00	5,7E+00	2,9E-05	3,5E+04	577524	2	1155047
53	0,4293	7,83	0,42	5,8E+00	5,8E+00	2,8E-05	3,5E+04	582702	4	2330810
54	0,4374	7,72	0,43	5,9E+00	5,9E+00	2,8E-05	3,6E+04	588030	2	1176061

55	0,4455	7,61	0,44	6,0E+00	6,0E+00	2,8E-05	3,6E+04	593514	4	2374056
56	0,4536	7,49	0,45	6,1E+00	6,1E+00	2,7E-05	3,6E+04	599160	2	1198321
57	0,4617	7,38	0,46	6,3E+00	6,3E+00	2,7E-05	3,7E+04	604976	4	2419906
58	0,4698	7,27	0,46	6,4E+00	6,4E+00	2,7E-05	3,7E+04	610970	2	1221941
59	0,4779	7,16	0,47	6,5E+00	6,5E+00	2,7E-05	3,7E+04	617150	4	2468601
60	0,486	7,05	0,48	6,6E+00	6,6E+00	2,6E-05	3,8E+04	623525	2	1247050
61	0,4941	6,94	0,49	6,7E+00	6,7E+00	2,6E-05	3,8E+04	630104	4	2520414
62	0,5022	6,83	0,50	6,8E+00	6,8E+00	2,6E-05	3,9E+04	636896	2	1273793
63	0,5103	6,72	0,50	6,9E+00	6,9E+00	2,6E-05	3,9E+04	643914	4	2575656
64	0,5184	6,61	0,51	7,0E+00	7,0E+00	2,5E-05	4,0E+04	651167	2	1302335
65	0,5265	6,49	0,52	7,1E+00	7,1E+00	2,5E-05	4,0E+04	658669	4	2634677
66	0,5346	6,38	0,53	7,2E+00	7,2E+00	2,5E-05	4,0E+04	666432	2	1332864
67	0,5427	6,27	0,54	7,4E+00	7,4E+00	2,4E-05	4,1E+04	674470	4	2697880
68	0,5508	6,16	0,54	7,5E+00	7,5E+00	2,4E-05	4,1E+04	682798	2	1365596
69	0,5589	6,05	0,55	7,6E+00	7,6E+00	2,4E-05	4,2E+04	691431	4	2765726
70	0,567	5,94	0,56	7,7E+00	7,7E+00	2,4E-05	4,3E+04	700388	2	1400776
71	0,5751	5,83	0,57	7,8E+00	7,8E+00	2,3E-05	4,3E+04	709686	4	2838745
72	0,5832	5,72	0,58	7,9E+00	7,9E+00	2,3E-05	4,4E+04	719346	2	1438692
73	0,5913	5,61	0,58	8,0E+00	8,0E+00	2,3E-05	4,4E+04	729388	4	2917553
74	0,5994	5,49	0,59	8,1E+00	8,1E+00	2,2E-05	4,5E+04	739837	2	1479673
75	0,6075	5,38	0,60	8,2E+00	8,2E+00	2,2E-05	4,6E+04	750716	4	3002866
76	0,6156	5,27	0,61	8,3E+00	8,3E+00	2,2E-05	4,6E+04	762055	2	1524109
77	0,6237	5,16	0,62	8,5E+00	8,5E+00	2,1E-05	4,7E+04	773881	4	3095525
78	0,6318	5,05	0,62	8,6E+00	8,6E+00	2,1E-05	4,8E+04	786228	2	1572456
79	0,6399	4,94	0,63	8,7E+00	8,7E+00	2,1E-05	4,9E+04	799130	4	3196520
80	0,648	4,83	0,64	8,8E+00	8,8E+00	2,0E-05	4,9E+04	812626	2	1625252
81	0,6561	4,72	0,65	8,9E+00	8,9E+00	2,0E-05	5,0E+04	826758	4	3307031
82	0,6642	4,61	0,66	9,0E+00	9,0E+00	2,0E-05	5,1E+04	841571	2	1683143
83	0,6723	4,49	0,66	9,1E+00	9,1E+00	1,9E-05	5,2E+04	857117	4	3428468
84	0,6804	4,38	0,67	9,2E+00	9,2E+00	1,9E-05	5,3E+04	873451	2	1746902
85	0,6885	4,27	0,68	9,3E+00	9,3E+00	1,8E-05	5,4E+04	890634	4	3562536
86	0,6966	4,16	0,69	9,4E+00	9,4E+00	1,8E-05	5,5E+04	908735	2	1817470
87	0,7047	4,05	0,70	9,6E+00	9,6E+00	1,8E-05	5,6E+04	927829	4	3711314
88	0,7128	3,94	0,70	9,7E+00	9,7E+00	1,7E-05	5,8E+04	947999	2	1895999
89	0,7209	3,83	0,71	9,8E+00	9,8E+00	1,7E-05	5,9E+04	969341	4	3877364
90	0,729	3,72	0,72	9,9E+00	9,9E+00	1,7E-05	6,0E+04	991958	2	1983916
91	0,7371	3,61	0,73	1,0E+01	1,0E+01	1,6E-05	6,2E+04	1015969	4	4063877
92	0,7452	3,50	0,74	1,0E+01	1,0E+01	1,6E-05	6,3E+04	1041507	2	2083014
93	0,7533	3,38	0,74	1,0E+01	1,0E+01	1,5E-05	6,5E+04	1068721	4	4274886
94	0,7614	3,27	0,75	1,0E+01	1,0E+01	1,5E-05	6,7E+04	1097784	2	2195568
95	0,7695	3,16	0,76	1,0E+01	1,0E+01	1,5E-05	6,9E+04	1128889	4	4515555
96	0,7776	3,05	0,77	1,1E+01	1,1E+01	1,4E-05	7,1E+04	1162259	2	2324519
97	0,7857	2,94	0,78	1,1E+01	1,1E+01	1,4E-05	7,3E+04	1198153	4	4792610
98	0,7938	2,83	0,78	1,1E+01	1,1E+01	1,3E-05	7,5E+04	1236866	2	2473732
99	0,8019	2,72	0,79	1,1E+01	1,1E+01	1,3E-05	7,8E+04	1278745	4	5114980

100	0,81	2,61	0,80	1,1E+01	1,1E+01	1,2E-05	8,0E+04	1324195	1	1324195
-----	------	------	------	---------	---------	---------	---------	---------	---	---------

TABLA D: Resultado de la integración

Variable	Descripción	Valor	Unidad
Suma	Suma de los subproductos	191.993.369	g
Integración	Integración Numérica por el Método Simpson	518.382,1	g
Mc	Masa de catalizador	518,4	Kg
Vr	Volumen del reactor en m ³	1,382	m ³
Vr	Volumen del reactor en Litros	1382	L

Conclusión: El volumen de la masa reaccionante del reactor principal RX-1; es de 1,382m³. Con una masa de catalizador de necesaria de 518,4 kg para convertir 81% de glicerina en propilenglicol y subproductos.

5.4.2.3 Diseño Hidráulico: cálculo de pérdida de carga y consideraciones

En esta sección se va desarrollar y describir el diseño hidráulico, que consiste en la determinación de la pérdida de carga que se produce en el interior del reactor de lecho por goteo.

Los criterios y consideraciones, tomadas para el cálculo de la pérdida de carga serán:

- ✓ Como el reactor es un sistema heterogéneo, donde coexisten tres fases; sólida (catalizador), líquida (glicerol) y gaseosa (hidrogeno). Por lo tanto, se debe seleccionar una correlación que nos permitiría modelizar el sistema y que involucre el efecto de tres fases interactuando entre sí.
- ✓ Como el régimen de flujo es de lecho por goteo, podemos asimilar que la dinámica del fluido es similar a la que sucede en una torre de absorción. Por lo tanto aplicaremos los

cálculos de pérdida de carga, para flujo de dos fases que se aplican en torres rellenas, utilizadas en torres de absorción comúnmente.

- ✓ La correlación empleada es la de Eckert, que una correlación del tipo gráfico.
- ✓ Se considera en cálculo que el relleno sólido se comportara como un anillo de Raschig de cerámica, de tamaño nominal de 6mm, esto se debe a que el catalizador tiene una similitud a los materiales cerámicos. Para poder usar los parámetros experimentales de la correlación que usaremos.

Datos iniciales.

Variable	Descripción	Valor	Unidades	Observaciones
D _{rxn}	diámetro interno del reactor	1	M	dato
L	Longitud del reactor	2	M	dato
C _G	Caudal de gas	0,05	kg/s	dato HYSYS
C _L	Caudal de líquido	0,4	kg/s	dato HYSYS
T _{lecho}	temperatura del lecho	2,20E+02	°C	dato
ρ	Densidad de lecho	1,50E+00	kg/L	Dato de proveedor chino
ρ _L	Densidad de la corriente Líquida	9,38E+02	kg/m ³	a 220°C y 4800 kPa
ρ _G	Densidad de la corriente Gaseosa	2,38E+00	kg/m ³	a 220°C y 4800 kPa
	Viscosidad del líquido	2,30E-03	kg/m.s	
	Viscosidad del Gas	1,30E-05	kg/ms	
ε	Porosidad del lecho	5,00E-01	Ad	Anillos raschig, empaque cerámico
d	tamaño del empaque	4,50E-03	m	forma de partícula de catalizador
h	Longitud del empaque	5,00E-03	m	forma de partícula de catalizador

dp	diámetro de partícula, equivalente	0,00	m	De catalizador cilíndrico
Re	Numero de Reynolds	0,01	ad	Régimen laminar

Donde el número de Reynolds se calcula como:

$$Re = \frac{L' D_p}{\mu}$$

L' , es el flujo del caudal másico de glicerina, D_p es el diámetro efectivo de partícula y la viscosidad de del líquido. El diámetro efectivo de partícula se calcula como;

$$D_p = \sqrt[3]{\frac{6 * V_{part}}{\pi}}$$

Donde el V_{part} es el volumen de la partícula cilíndrica y esta se define como

$$V_{part} = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h$$

Donde d y h son el diámetro y el largo de la partícula de catalizador.

Con esta información podemos utilizar la correlación de Ergún.

$$\frac{\Delta P}{Z} \frac{g_c \varepsilon^3 D_p \rho_L}{(1 - \varepsilon) L'^2} = \frac{150(1 - \varepsilon)}{Re} + 1,75$$

$g_c=1$ y $J= 1$ dado que se usa las unidades de SI (kg, m, s). Esta expresión es válida para régimen Turbulento ($Re \geq 1000$) y régimen laminar ($Re \leq 10$).

Se consideran las propiedades de una de las fases, para este caso se utilizará las propiedades de fluidos de la fase líquida, la glicerina.

El área transversal del reactor, A_{RXN} y L' se calcula como:

$$A_{RXN} = \pi \left(\frac{D_{rxn}}{2}\right)^2$$

$$L' = \frac{G}{A_{RXN}}$$

Variable	Descripción	Valor	Unidades
G'	Flujo de Gas	0,06	kg/s.m ²
L'	Flujo de Liquido	0,54	kg/s.m ²
A_rxn	Área trasversal del reactor	0,79	m ²

Con esta información, Aplicamos la correlación de Ergún, que redefinimos de la siguiente forma:

$$\frac{\Delta P}{Z} F1 = F2 + F3$$

Donde los términos F1, F2 y F3 son

$$F1 = \frac{g_c \varepsilon^3 D_p \rho_L}{(1 - \varepsilon) L'^2}$$

$$F2 = \frac{150(1 - \varepsilon)}{Re}$$

$$F3 = 1,75.$$

Con los datos disponibles se puede hallar la caída de presión por metro de relleno. A continuación, se resumen los resultados del cálculo.

Variable	Descripción	Valor	Unidades	Observaciones
F1	Termino de Ecuación de Ergún	0,036	m/Pa	
F2	Termino de Ecuación de Ergún	7.112,6	Ad	
F3	Termino de Ecuación de Ergún	1,75	ad	
Delta_P/L	Caída de presión por metro	195.762,6	Pa/m	
Delta_P	Caída de presión	391.525,2	Pa	Variable a calcular

P1	Presión en tope	4.800	kPa	
P2	Presión en fondo	4.408	kPa	

Como la altura del reactor es de 2m, la caída de presión en esa longitud es de $391.525,2\text{Pa} = 391,525\text{ kPa}$.

Conclusión: La caída de presión producida por el relleno del reactor estimado es de **391.5 kPa**.

5.4.2.4 Diseño mecánico: aspectos estructurales

El propósito de esta sección es describir y desarrollar los cálculos mecánicos del reactor. Esto comprende en:

- ✓ Diámetro interno y longitud del reactor.
- ✓ El cálculo del espesor del recipiente, bajo presión interna.
- ✓ Diámetro de boquillas de entrada y salida.

Las normas de diseño mecánico que emplearan como referencia son: Código ASME VIII Div1: UG-27 y Código ASME II Parte D. En la bibliografía, Manual de Recipiente a Presión, 7ma. Ed. Eugene F. Megyesy, se encuentra una recopilación de información para el diseño de recipientes bajo presión interna y externa de las normas mencionadas.

Diámetro interno y longitud del reactor.

Estos parámetros se calculan teniendo en cuenta el volumen de la masa reaccionante que se calculó en la sección 5.4.2.2.

Con esta información se definirá el diámetro y la Longitud del reactor estimado.

Vr	Volumen del reactor en m^3	0,829	m^3
Vr	Volumen del reactor en Litros	829	L
Di	Diámetro interno	1	m

L	Longitud del reactor	2	m
V rec _ cal	Volumen del recipiente calculado	2,09	m ³

Donde el volumen del recipiente calculado, tiene en cuenta como el volumen de un cilindro más el volumen de 2 semiesferas del radio del recipiente.

$$V_{Rec\ Cal} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2}\right)^2 \cdot L + 2 \cdot \left[\frac{2}{3} \pi \left(\frac{D_i}{2}\right)^3\right]$$

Se fue ajustando Di y L de manera que cumpla de caída de presión, que desarrollará más adelante.

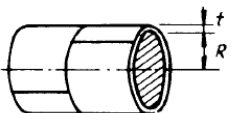
Conclusión: los valores Di y L son de: 1 m y 2m. Con un volumen de 2,1m3.

Espesor del recipiente

Calculo de espesor para recipientes bajo presión interna, se compone de:

- ✓ Espesor del casco del recipiente, en este caso es un cuerpo cilíndrico.
- ✓ Espesor de la cabeza del recipiente, en este caso por manipular gases a presión será esférico, dado que se distribuye de forma óptima la presión cuando la cabeza del recipiente tiene una forma esférica.
- ✓ Las fórmulas que se aplican son las que siguen:

A



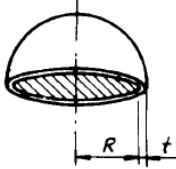
CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)¹

$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SE t}{R + 0.6t}$
----------------------------	-----------------------------

De acuerdo con lo anterior, las fórmulas para la costura circular son:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad P = \frac{2SE t}{R - 0.4t}$$

B



ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO

$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SE t}{R + 0.2t}$
-----------------------------	------------------------------

1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza.

2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas.

P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²
S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg², página 159
E = Eficiencia de la junta, página 142
R = Radio interior, pulgadas
D = Diámetro interior, pulgadas
t = Espesor de pared, pulgadas
C.A. = Margen por corrosión, pulgadas

Para poder aplicar estas ecuaciones se debe cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ Para esfuerzos longitudinales: el espesor, t_l , debe no debe ser mayor a $0.5R$ y $P_{\text{diseño}}$ debe ser menor a $1.25SE$.
- ✓ Para esfuerzos circunferenciales: el espesor, t_c , no debe ser mayor a $0.356R$ y $P_{\text{diseño}}$ debe ser menor a $0.665SE$.

A continuación se encuentra la memoria de cálculo del espesor de casco y cabeza del recipiente que será nuestro reactor, con sus consideraciones.

DISEÑO MECANICO: CÁLCULOS DE ESPESORES DEL REACTOR					Código ASME VIII Div1:UG-27
					Código ASME II Parte D
Calculo de espesor de recipiente: Casco cilíndrico					
Datos necesarios para el cálculo de espesor del recipiente					
Variable	Descripción	Valor	Unidad		Referencia
$P_{\text{man_op}}$	Presión manométrica operativa	4.699	kPa		
$P_{\text{man_diseño}}$	Presión manométrica de diseño	5.169	kPa		Criterio se toma le suma 10% a la presión de Op. O 30psi el mayor de ambos
$Temp_{\text{op}}$	Temperatura operativa	220	°C		
D_i	Diámetro interno del recipiente	1	m	39,4	in

L	Largo del recipiente	2	m	78,7	in	
S	Valor máximo de esfuerzo admisible	92,8	MPa			a 250°C ASME II parte D
E	Eficiencia de las juntas	0,7	Ad			Depende de la categoría de junta y tipo de junta, que a su vez se tiene en cuenta el tipo de inspección (RT, full, por puntos), se toma el valor más bajo
Tc	Espesor de cuerpos cilíndricos esfuerzo circunferencial	0,042	m	4,2	cm	1,64 in Juntas longitudinales
0,385SE	condición 1 para usar la formula anterior	25.010			kPa	P de diseño (P) debe ser menor y espesor calculado menor a estas condiciones
0,5R	condición 2 para usar la formula anterior	0,5	m	50	cm	19,7 in
TI	Espesor de cuerpos cilíndricos esfuerzo longitudinal	0,020	m	1,96	cm	0,77 in Juntas circunferenciales
0,5R	condición 1 para usar la formula anterior	0,5	m	50	cm	19,7 in P de diseño (P) debe ser menor y espesor calculado menor a estas condiciones
1,25SE	condición 2 para usar la formula anterior	81.200			kPa	
Calculo de espesor de recipiente: Cabeza Hemisférica						
tB	Espesor requerido en cabeza hemisférica	0,020	m	2,01	cm	0,79 in
0,356R	condición 1 para usar la formula anterior	0,146	m	14,60	cm	5,75 in P de diseño (P) debe ser menor y espesor calculado menor a estas condiciones

0,665SE	condición 2 para usar la formula anterior	43.198	kPa
---------	---	--------	-----

El espesor que se toma, entre calculo t_c y t_i es aquel que sea mayor (por norma). En este caso, t_c es el mayor espesor dada las condiciones de proceso por lo tanto se adopta este espesor.

La chapa de acero inoxidable 316L que se necesitará para construir el casco del reactor debe ser igual o mayor a 50.8 mm (chapa de 2 in de espesor).

La chapa para construir la cabeza deberá ser mínimo de espesor de 12 mm o mayor. Pero para igualar espesores se construirá de chapa de 1 in de espesor al igual que el casco.

Cálculo del diámetro de las boquillas de entrada y salida del reactor.

Se utilizan las siguientes expresiones:

Diámetro óptimo de la boquilla cuando es desconocida la velocidad de la corriente.

$$D_{opt} = 3,9 Q_v^{0,45} \rho^{0,13} [in] (Ec. 1)$$

Donde:

Q_v , es el caudal volumétrico de la corriente en unidades ft^3/s .

ρ , es la densidad de la corriente, en lb/ft^3

Diámetro óptimo de la boquilla cuando es conocida la velocidad de la corriente.

$$D = \sqrt{\left(\left(\frac{4}{\pi}\right) * \left(\frac{Q_v}{v}\right)\right)} (Ec. 2)$$

Donde:

Q_v , es el caudal volumétrico de la corriente en unidades del SI (m^3/s)

v , es la velocidad del fluido, en unidades del SI (m/s).

Con estas expresiones y los datos necesarios de las corrientes de entrada y salida del reactor se realiza el cálculo de diámetros.

Cálculo de diámetro de Boquillas del Reactor						
Variable	Descripción	Valor	Unidades	Conversión de unidades		Observaciones
$\rho_{L_{entr}}$	Densidad de la Glicerina	938,31	kg/m ³	58,48	lb/ft ³	Dato HYSYS
$\rho_{L_{sal}}$	Densidad de la Mezcla de reacción	745,91	kg/m ³	46,49	lb/ft ³	Dato HYSYS
$\rho_{L_{entr}}$	Densidad del Hidrogeno entrada	2,38	kg/m ³	0,149	lb/ft ³	Dato HYSYS
$\rho_{L_{sal}}$	Densidad del Hidrogeno salida	7,22	kg/m ³	0,45	lb/ft ³	Dato HYSYS
$Q_{L_{entr}}$	Caudal volumétrico de Glicerina a la entrada	0,0004	m ³ /s	0,016	ft ³ /s	Dato HYSYS
$v_{0_{entr}}$	Velocidad de la corriente Glicerina entrada	1,0	m/s	3,3	ft/s	Cálculo de isométrico
$Q_{L_{sal}}$	Caudal volumétrico de Glicerina a la salida	0,0004	m ³ /s	0,016	ft ³ /s	Dato HYSYS
$Q_{G_{entrada}}$	Caudal volumétrico de hidrogeno a la entrada	0,020	m ³ /s	0,692	ft ³ /s	Dato HYSYS
$Q_{G_{salida}}$	Caudal volumétrico de hidrogeno a la salida	0,019	m ³ /s	0,676	ft ³ /s	Dato HYSYS
$D_{gas_{entr}}$	Diámetro de las boquillas de entrada de hidrogeno	65,5	mm	2,579	in	Ec. 1 Empírica
$D_{liq_{entr}}$	Diámetro de las boquillas de entrada de glicerina	0,0238	m	23,7	mm	Ec. 2 con velocidad conocida
$D_{gas_{sal}}$	Diámetro de las boquillas de entrada de hidrogeno	25,9	mm	1,02	in	Ec. 1 Empírica
$D_{liq_{sal}}$	Diámetro de las boquillas de entrada de glicerina	25,2	mm	0,99	In	Ec. 1 Empírica

5.4.2.5 Diseño térmico: características del sistema térmico

En esta sección se detalla los aspectos del cálculo para el diseño del sistema de intercambio de calor del reactor. La finalidad de este sistema es mantener sus condiciones isotérmicas.

El cálculo térmico consiste en hallar los coeficientes de transferencia de calor por convección: el coeficiente h_o , coeficiente de transferencia de calor del encamisado por donde circula el fluido de intercambio; y el coeficiente, h_w , el coeficiente de transferencia de película, que define el intercambio de calor en el interior del reactor.

Con ellos y un balance de energía se puede determinar el caudal necesario de fluido de intercambio que se precisa para mantener en condiciones isotérmicas, la temperatura que alcanzada a la salida y las dimensiones de la camisa.

Se considera el diseño de la camisa, como si fuera un intercambiador de doble tubo. En interior está el reactor y por el anulo pasa el fluido de intercambio.

Calculo de h_w , coeficiente de película del reactor.

Encontrar una correlación que permita determinar el coeficiente de transferencia de calor en un sistema heterogéneo, como es el reactor de lecho por goteo, no es sencillo ya que la transferencia de calor en sistemas multifásicos como es el caso no ha sido ampliamente estudiada, no se ha generalizado.

Según el régimen del flujo en el reactor, las correlaciones para calcular del coeficiente de transferencia serán las siguientes.

- ✓ Régimen de baja interacción.

$$Nu_w = \frac{d_p h_w}{k_L} = 0,057 \left(\frac{Re_L}{\beta_L} \right)^{0,89} Pr_L^{1/3}$$

- ✓ Régimen de alta interacción.

Se puede estimar que en este régimen el valor de h_w ronda en 2100 ($Wm^{-2}C^{-1}$).

O también de forma empírica como,

$$Nu_w = \frac{d_e h_w}{k_L} = 0,012 Re^{1,7} Pr_L^{1/3} \quad \text{Para } 4 < Re_L \left(\frac{\mu_0}{\mu_L} \right) < 20$$

$$Nu_w = \frac{d_e h_w}{k_L} = 0,092 \left(\frac{Re_L}{\beta_L} \right)^{0,8} \cdot Pr_L^{1/3} \quad \text{Para } 20 < Re_L \left(\frac{\mu_0}{\mu_L} \right) < 200$$

$$h_w = 318,0 \beta_T G_L \quad \text{Para } Re_L \left(\frac{\mu_0}{\mu_L} \right) > 200$$

Donde:

k_L , Es la conductividad térmica de la mezcla líquida del reactor.

d_e , el diámetro equivalente de partícula que se calcula:

$$d_e = \frac{\text{Volumen de partícula de catalizador}}{\text{Superficie de catalizador}} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 \cdot L}{\pi d_p L + \frac{\pi d_p^2}{2}}$$

Re, es el número de Reynolds, que se define como:

$$Re = \frac{G_L d_e}{\mu_L}$$

G_L , Flujo masico se define como: $G_L = v_L \cdot \rho_L$

Pr, el número de Prandtl, que se define como:

$$Pr = \frac{C_p \mu_L}{k_L}$$

C_p , es la capacidad de la mezcla líquida del reactor.

μ_L , Viscosidad de la mezcla líquida en el reactor.

β_T , es la saturación del líquido en el relleno y se define como;

$$\beta_L = \left[\left(\frac{200 \cdot (1-\epsilon)}{Re_L} + 1,75 \right) \cdot \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon^3} \cdot \frac{v_L^2}{g \cdot d_p} \right]^{1/4}$$

μ_0 , Viscosidad de la mezcla líquida en el reactor a 15 °C.

Este parámetro depende de porosidad (ϵ), la aceleración de la gravedad (g), el número de Reynolds, la velocidad del líquido (v_L) y el diámetro equivalente de partículas (d_p).

Estas correlaciones, son extraídas de un artículo que compila los diferentes estudios realizados, por diferentes autores con el propósito de modelizar el fenómeno de transferencia de calor en reactores heterogéneos. En este estudio donde se barren, todas las correlaciones existentes y se verifican para saber que tanto se ajustan a la realidad empleándolas para el cálculo del coeficiente

de transferencia. Las correlaciones presentadas anteriormente, se escogieron, teniendo en cuenta que tipo de datos teníamos disponibles.

Calculo de h_0 , coeficiente de transferencia del fluido de la camisa del reactor.

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor de la camisa que disipa el calor generado por la reacción. El fluido de intercambio, considerado es agua a temperatura de 25°C que se acondiciona en la torre de enfriamiento. Las propiedades y las condiciones del fluido de intercambio se encuentran definidas en la memoria de cálculo que encuentra a lo último de esta sección.

Aquí se tiene en cuenta la consideración de que la camisa y el recipiente del reactor conforman un sistema que tiene un diseño similar a un intercambiador de doble tubo. A partir de esta consideración se utilizan las siguientes correlaciones para calcular h_0 . Se escogerá la que corresponde acorde al régimen de flujo.

- ✓ Para régimen de flujo turbulento en el anulo (Camisa).

$$Nu = \frac{D_e h'_0}{k_L} = 0,029(Re)^{0,8} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad Re < 10000; L/D > 60; 0,7 < Pr < 160$$

$$\frac{h_0}{h'_0} = 1 + 6 \cdot \frac{D}{L} \quad \text{Para } 2 < L/D < 60$$

- ✓ Para régimen de flujo laminar en el anulo (Camisa).

$$Nu = \frac{D_e h'_0}{k_L} = 1,86 \left(Re \cdot Pr \cdot \frac{D}{L} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad \text{Para } Re < 10000$$

$$\text{Se considera } \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14} \approx 1$$

El número de Reynolds y el número de Prandtl, se define de forma similar como se menciona en el cálculo del coeficiente h_w , solo que las propiedades que se emplean son las del fluido de intercambio, o sea el agua.

D_e , es el diámetro equivalente del encamisado del reactor. Este se define mediante el radio hidráulico.

$$D_e = 4 \cdot R_H = \frac{\text{Área de Flujo}}{\text{Perímetro de transferencia}} = 4 \cdot \left(\frac{\pi/4 \cdot (D_0^2 - d_0^2)}{\pi d_0} \right) = \frac{(D_0^2 - d_0^2)}{d_0}$$

Donde; D_0 es el diámetro interno de la camisa y d_0 el diámetro externo del recipiente del reactor, RX-1.

Teniendo los coeficientes de transferencia de calor mediante la expresión general.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ML} \quad (1)$$

Donde ΔT_{ML} , es el delta de temperatura media logarítmica, que se define como:

$$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)}$$

U , es el coeficiente global de transferencia de calor que es un parámetro que depende de h_w y h_o , su definición matemática la desarrollaremos más adelante en esta sección.

A , es el área de transferencia de calor, en este caso sería la superficie cilíndrica de reactor RX-1, que se expresa como:

$$A = \pi \cdot D_0 \cdot L$$

Donde L es la altura del reactor y D_0 el diámetro externo del reactor

Estas expresiones describen la transferencia de calor para un intercambiador de doble tubo. El delta de temperatura promedio en la última fórmula, describe la variación promedio de la temperatura en la geometría adoptada en un doble tubo.

Por otro lado, el calor intercambiado Q , se puede definir desde el punto de vista del fluido de intercambio como:

$$Q = \dot{m}_{FIC} \cdot C_p \cdot (T_{FIC}^{SAL} - T_{FIC}^{ENTR}) \quad (2)$$

Como incógnitas tenemos el caudal del fluido de intercambio, la temperatura de salida del fluido de intercambio y el diámetro interno de la camisa.

Con todas estas definiciones y propiedades de los fluidos que intervienen en el intercambio de calor, nos permite armar la memoria de cálculo. En esta los pasos de resolución serían:

1. Calcular h_w y h_o con estos coeficientes de transferencia se calcula el coeficiente global de transferencia de calor U , que se define como.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_w} \cdot \left(\frac{D_o}{d_i}\right) + \frac{D_o}{k_m} \ln\left(\frac{D_o}{d_i}\right) + \frac{1}{h_o}}$$

Donde k_m , es la conductividad del material que está construido el recipiente del reactor que es acero inoxidable.

Donde, D_o es el diámetro externo y d_i es el diámetro interno del recipiente del reactor.

Se considera que la transferencia de calor por conducción del material es tan alta que se desprecia el siguiente término.

$$\frac{D_o}{k_m} \ln\left(\frac{D_o}{d_i}\right) \approx 0$$

Por lo tanto, U , quedaría como,

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_w} \cdot \left(\frac{D_o}{d_i}\right) + \frac{1}{h_o}}$$

Se supone el valor del diámetro de la camisa para determinar, h_o y calcular U

2. Calcula Delta T media logarítmica, partiendo de suponer una temperatura de salida del fluido de intercambio.
3. Calcula con U , ΔT_{ML} y el área de intercambio el Q con la ecuación 1.
4. Suponer un valor de caudal de fluido de intercambio y calcular Q con la ecuación 2.
5. En Excel iteramos los parámetros supuestos hasta que, si igualen los calores, Q_1 y Q_2 que por balance de energía deben ser iguales.

De este proceso iterativo se obtienen los siguientes resultados.

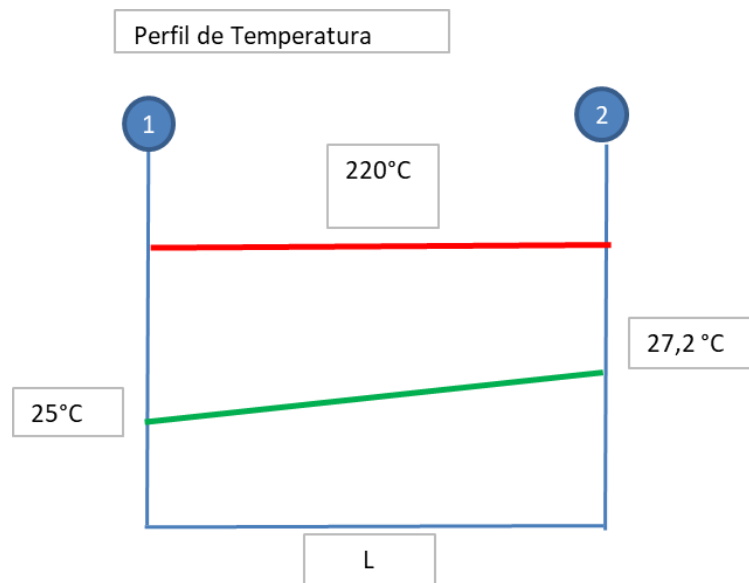
Memoria de cálculo del diseño del sistema de intercambio de calor del reactor RX-1.

Cálculo de coeficiente de transferencia de película.				
Propiedades de los fluidos				
Variables	Descripción	Valor	Unidades	Comentarios
T _{op}	Temperatura Operativa	220	°C	
μ _g	Viscosidad del Hidrogeno (G)		kg/ms	
μ _L	Viscosidad de la Glicerina (L)	2,30E-03	kg/ms	a temperatura operativa
μ ₀	Viscosidad de L a@15°C	1,50E+00	kg/ms	
E	Porosidad del Lecho	0,5	ad	
dp	Diámetro equivalente de partícula	0,0045	m	
Lp	Largo de partícula	0,005	m	
V _L	Velocidad del liquido	0,2	m/s	
V _g	Velocidad del GAS	0,099	m/s	
m _L	Caudal masico liquido	0,42328734	kg/s	
m _G	Caudal masico de GAS	0,0467	kg/s	
G _L	Flujo masico de liquido	188,42	kg/m ² s	
G _g	Flujo masico de GAS	0,238	kg/m ² s	
G	Aceleración de la gravedad	9,81	m/s ²	
k _L	Conductividad térmica del líquido	0,163	W/m K	
Cp _L	Capacidad calorífica del liquido	3,051	kJ/kg°C	
ρ _L	Densidad del liquido	942,1	kg/m ³	
ρ _G	Densidad del GAS	2,384	kg/m ³	
D _{eq}	diámetro equivalente de partícula	0,000776	m	

Cálculo de hw				
Re_L	Numero de Reynolds del liquido	63,56	ad	
Re_L*(μ ₀ /μ _L)		41452,15		Régimen de Flujo de Alta interacción
d_T	Diámetro del reactor	1,0	m	
βL	Retención total del liquido	2,89	ad	
Pr	Numero Prandtl	43,06	ad	
Nu_w	Nusselt_w	3,13	ad	
h_w	Coefficiente de transferencia de película	656,8	W/m ² °C	
Cálculo de ho, Camisa				
Do	Diámetro interno de la camisa	1,526	M	Supuesto
di	Diámetro interno del reactor	1	M	
do	Diámetro externo del reactor	1,042	M	Calcular
deq	Diámetro equivalente para el anulo	1,193	M	
L	Altura de reactor (encamisado)	2	M	
L/D	Relación dimensional	1,677	Ad	
Propiedades del fluido de intercambio a 30°C				
ρ _{fic}	Densidad del fluido de intercambio	992,1	kg/m ³	
μ _{fic}	Viscosidad del fluido de intercambio	0,0010	kg/ms	
k _{fic}	Conductividad térmica del FIC	0,613	W/m°C	
m _{Fic}	Caudal masico del FIC	3,00	kg/s	
m _{Fic}	Caudal masico del FIC	10800	kg/h	

T_entr	Temperatura de entrada del FIC	25,0	°C	
Cp_FIC	Capacidad calorífica del FIC	4,14	kJ/kg°C	
A_trnsv	Área transversal	0,98	m ²	
G_FIC	Flujo de la corriente de FIC	3,07	kg/sm ²	Calculo
Re	N° de Reynolds para flujo interno en cañería	3836	ad	Régimen laminar
Pr	Numero Prandtl	6,45	Ad	
Nu_camisa	Numero de Nusselt para el encamisado	41,19	Ad	
h_0	Coefficiente de transferencia por convección	21,15	W/m ² °C	
U	Coefficiente Global de transferencia	20,46	W/m ² °C	
A_trnf	Área de transferencia	6,55	m ²	
Q 1	Calor que debe ser disipado del reactor	26852,2	W(J/s)	
T_sal FIC	Temperatura de Salida del FIC	27,2	°C	
DT1	Diferencia de temperatura 1	195,0	°C	
DT2	Diferencia de temperatura 2	192,8	°C	
DTML	Delta T media logarítmica	193,9	°C	
Q2	Calor disipado por el FIC	26852,2		
FO	Función objetivo	0,0	J/s	

5.4.2.6 Perfil de temperatura



5.4.2.7 Conclusión

Diseño del sistema de intercambio de calor del reactor RX-1			
Variables	Descripción	Valor	Unidades
T_sal FIC	Temperatura de Salida del FIC	27,2	$^{\circ}\text{C}$
m_Fic	Caudal masico del FIC	3,00	kg/s
m_Fic	Caudal masico del FIC	10.800	kg/h
U	Coeficiente Global de transferencia	20,46	$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$
A_trnf	Área de transferencia	6,55	m^2
Do	Diámetro interno de la camisa	1,526	m

5.5 DIAGRAMA DE CAÑERÍAS E INSTRUMENTOS

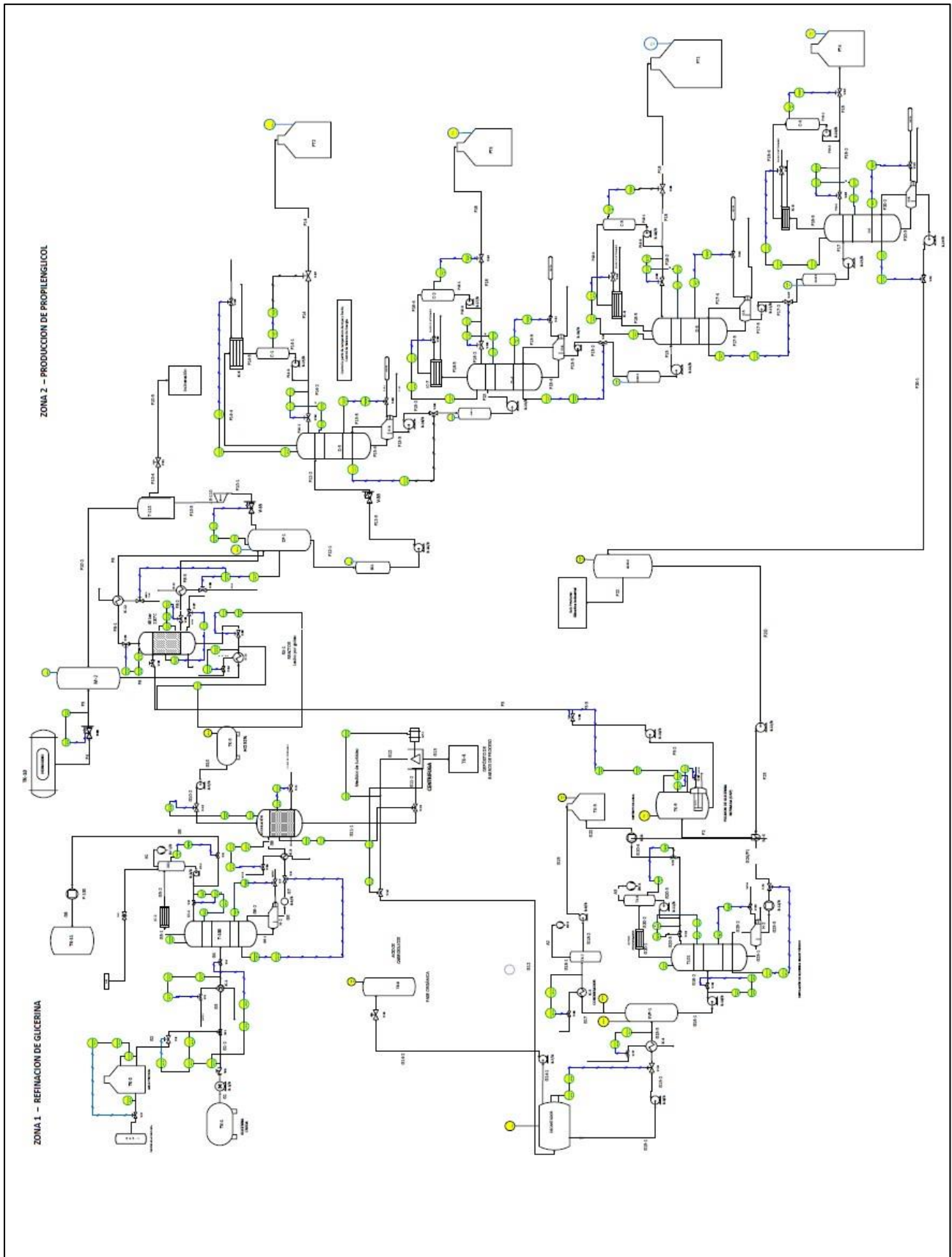
Esta sección, tiene como propósito desarrollar y describir los sistemas de control para asegurar una operación segura y eficiente del conjunto de operaciones que integran el proceso.

Para ello, iremos viendo operación por operación que lazos de control son necesarios para controlar variables de procesos que son críticas en el control.

5.5.1 Diagrama P&ID

A continuación, nuestra representación de la instrumentación establecida para el proceso de obtención de PROPILENGLICOL y los subproductos resultantes. (Solo para una formalidad ilustrativa) además, adjuntamos en un ANEXO el diagrama en versión PDF para su mayor compresión y revisión.

Los abordajes para llevar a cabo la instrumentación, se detalla más adelante para completar la información necesaria en su diseño.



5.6 Instrumentación

5.6.1 Descripciones de los lazos de control

Descripción de los Lazos de Control					
Rótulo	Descripción	Servicio	Tipo	Elemento de control	Falla
M1-FT1	Sensor transmisor de caudal	Composición en el mezclador M1	Sensor		
M1-FC	Controlador de caudal	Composición en el mezclador M1	controlador		
M1-FT2	Sensor transmisor de caudal	Composición en el mezclador M1	Sensor		
M1-FY	Convertidor de señal	Composición en el mezclador M1	Convertidor	V3	Regula
IC1-TT	Sensor de temperatura	Temperatura en IC-1	Sensor		
IC1-TC	Controlador de temperatura	Temperatura en IC-1	Controlador		
IC1-TY	Convertidor de señal	Temperatura en IC-1	Convertidor	V5	Abre
T100-FC	Controlador de composición	Caudal que entra a T-100	Controlador		
T100-FY	Sensor transmisor de caudal	Caudal que entra a T-100	Convertidor	V4	cierra
T100-TT	Sensor de temperatura	Control de temperatura parte superior T-100	Sensor		
T100-TIC	Controlador de temperatura	Control de temperatura parte superior T-100	Controlador		
T100-FIC	Controlador Indicador de Caudal	Control de Flujo retorno en T-100	Controlador/ Interruptor	V-8	Regula

T100-FT	Sensor transmisor de caudal	Caudal de salida T-100	Sensor		
T100-TT (2)	Sensor de temperatura	Control de temperatura en T-100	Sensor		
T100-TIC (2)	Controlador de temperatura	Control de temperatura en T-100	Controlador	V-7	Abre
T100-PT	Sensor Transmisor de Presión	Control de presión en T-100	Sensor/Alarma		
T100-LT	Sensor Transmisor de Nivel	Controlar Nivel en parte inferior T100	Sensor		
T100-LIC	Control indicador de nivel	Controlar Nivel en parte inferior T100	Controlador-interruptor	V-6	Regula
T100-LT (2)	Sensor Transmisor de Nivel	Controlar Nivel en X01	Sensor		
T100-LIC (2)	Control indicador de nivel	Controlar Nivel en X01	Controlador-interruptor	V-9	Cierra
TK2-FT	Sensor transmisor de Caudal	Tanque de almacenamiento de agua TK-2	Sensor		
TK2-LT	Sensor transmisor de Nivel	Tanque de almacenamiento de agua TK-2	Sensor		
TK2-LIC	Control indicador de Nivel	Tanque de almacenamiento de agua TK-2	Controlador-Interruptor		
TK2-LY	Convertidor de señal	Composición en el mezclador	Convertidor	V2	Cierra
AC-LT	Sensor Transmisor de Nivel	Control de Nivel e Acidulador	Sensor		
AC-LIC	Controlador de Nivel	Control de Nivel e Acidulador	Controlador-interruptor	V-13	Cierra
AC-TT	Sensor de temperatura	Control de temperatura en Acidulador	Sensor		

AC-TC	Controlador de temperatura	Control de temperatura en Acidulador	Controlador	V-11	Cierra
AC-pHT	Sensor transmisor de caudal	Control de pH en el Acidulador	Sensor		
AC-pHC	Controlador de composición	Control de pH en el Acidulador	Controlador		
AC-pH	Convertidor de señal	Control de pH en el Acidulador	Convertidor	V12	Cierra
CTF-LIC	Controlador Indicador de Nivel	Control de Flujo en la centrífuga	Controlador / Interruptor	V-14	Cierra
CTF-LT	Sensor Transmisor de Nivel	Control de Flujo en la centrífuga	Sensor		
CTF-ET	Sensor Transmisor de velocidad	Control de velocidad en la centrífuga	Sensor		
CTF-EC	Controlador de velocidad	Control de velocidad en la centrífuga	Controlador	MT-1	Acelerar
TK3-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel Lleno	Indicador		
DC-L+	Indicador de nivel	Control de Nivel Lleno	Indicador		
DC2-OT	Sensor transmisor de densidad	Control de fase	Sensor		
DC2-OIC	Controlador/interruptor	Control de fase	Controlador/ Interruptor	V16	Cierra
EVP1-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel en EVP-1	Indicador-Alarma		
T101-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en T-101	Sensor		
T101-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en T-101	Controlador/ Interruptor	V-17	Abre
T101-PT	Sensor Transmisor de Presión	Control de Presión en T-101	Sensor		
T101-FT	Controlador de composición	Composición de T-101	Sensor		

T101-FC	Sensor transmisor de caudal	Composición de T-101	Controlador		
T101-FY	Sensor Transmisor de Caudal	Composición de T-101	Convertidor	V-18	Regula
T101-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura Nivel superior de T-101	Sensor		
T101-TIC	Controlador Indicador de Nivel	Control de Temperatura Nivel superior de T-101	Controlador/ Interruptor		
T101-FIC	Controlador Indicador de Caudal	Control de Flujo en T-101	Controlador/ Interruptor	V-19	Regula
T101-FT	Sensor transmisor de Caudal	Control de Flujo en T-101	Sensor		
T101-TT (2)	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura Nivel inferior de T-101	Sensor		
T101-TIC (2)	Controlador Indicador de Nivel	Control de Temperatura Nivel inferior de T-101	Controlador/ Interruptor		
T101-LT	Sensor Transmisor de Nivel	Controlar Nivel inferior de T-101	Sensor		
T101-LIC	Control indicador de nivel	Controlar Nivel inferior de T-101	Controlador- interruptor	V-53	Regula
T101-LT (2)	Sensor Transmisor de Nivel	Controlar Nivel en TK-6	Sensor		
T101-LIC (2)	Control indicador de nivel	Controlar Nivel en TK-6	Controlador- interruptor	V-21	abre
TK5-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en TK-5	Indicador-Alarma		
TK8-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en TK-9	Indicador-Alarma		
TK9-P+	Indicador de Presión	Control de Presión alta en TK-9	Indicador-Alarma		
TK9-LT	Sensor transmisor de Nivel	Control de Nivel en TK-9	Sensor		

TK9-LIC	Control indicador de Nivel	Control de Nivel en TK-9	Controlador-interruptor		
TK9-LY	Convertidor de señal	Control de Nivel en TK-9	Convertidor	V-23	Cerrar
TK9-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en TK-9	Sensor		
TK9-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en TK-9	Controlador/Interruptor	V-22	Abre
R1-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en reactor principal	Sensor		
R1-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en reactor principal	Controlador/Interruptor	V-27	Abre
R1-FT	Controlador de composición	Control de composición de ingreso al reactor	Sensor		
R1-FIC	Controlador Indicador de Composición	Control de composición de ingreso al reactor	Controlador/Interruptor		
R1-FY	Sensor transmisor de composición	Control de composición de ingreso al reactor	Convertidor	V-30	Regula
R1-PT	Sensor transmisor de presión	Control de Presión en la operación	Sensor		
R1-PIC	Controlador indicador de Presión	Control de Presión en la operación	Controlador/Interruptor		
R1-PY	Convertidor de señal	Control de Presión en la operación	Convertidor	V25	Regula /Cierra
R1-LT	Sensor transmisor de caudal	Control de caudal de salida del reactor	Sensor		
R1-LIC	Controlador indicador de nivel	Control de caudal de salida del reactor	Controlador/Interruptor		
R1-LY	Convertidor de señal	Control de caudal de salida del reactor	Convertidor	V-26	Abre

DF1-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en DF-1	Indicador-Alarma		
DF1-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en destilador flash	Sensor		
DF1-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en destilador flash	Controlador/ Interruptor	V-28/V-29	Abre
DF1-PY	Convertidor de señal	Control de Presión en destilador flash DF-1	Convertidor a señal neumática	V-54	Abre
DF1-PC	Controlador indicador de Presión	Control de presión en la corriente de salida de gas P10-1	Controlador	V-54	Regula
DF1-PT	Sensor trasmisor de Presión	Control de Presión en la operación	Sensor		
M2-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en M2	Indicador-Alarma		
E02-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en E02	Indicador-Alarma		
V32-PT	Sensor transmisor de presión	Control de Presión en la operación	Sensor		
V32-PC	Controlador indicador de Presión	Control de Presión en la operación	Controlador/ Interruptor	V-32	Regula
D3-PT	Sensor Transmisor de Presión	Control de Presión en D-3	Sensor		
D3-PC	Controlador de presión	Control de Presión en D-3	Controlador		
D3-PY	Convertidor de señal	Control de Presión en D-3	Convertidor	V-38	Cierra
D3-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D3	Sensor		
D3-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D3	Controlador/ Interruptor		

D3-FT	Controlador de composición	Control de caudal de reflujo	Sensor		
D3-FIC	Controlador Indicador de Composición	Control de caudal de reflujo	Controlador/ Interruptor	V-34	Abre
D3-LT	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en D-3	Sensor		
D3-LIC	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en D-3	Controlador/ Interruptor	V-36	Abre
D3-TT (2)	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D3	Sensor		
D3-TIC (2)	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D3	Controlador/ Interruptor		
D3-LT (2)	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en C-1	Sensor		
D3-LIC (2)	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en C-1	Controlador/ Interruptor	V-35	Abre
PT2-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en PT2	Indicador-Alarma		
ALM1-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en ALM-1	Indicador-Alarma		
D4-PT	Sensor Transmisor de Presión	Control de Presión en D4	Sensor		
D4-PC	Controlador de presión	Control de Presión en D4	Controlador		
D4-PY	Convertidor de señal	Control de Presión en D4	Convertidor	V-39	Cierra
D4-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Sensor		
D4-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Controlador/ Interruptor		

D4-FT	Controlador de composición	Control de caudal de reflujo	Sensor		
D4-FIC	Controlador Indicador de Composición	Control de caudal de reflujo	Controlador/ Interruptor	V-38	abre
D4-LT	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en D-4	Sensor		
D4-LIC	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en D-4	Controlador/ Interruptor	V-42	abre
D4-TT (2)	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Sensor		
D4-TIC (2)	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Controlador/ Interruptor	V-41	abre
D4-LT (2)	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en C-2	Sensor		
D4-LIC (2)	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en C-2	Controlador/ Interruptor	V-40	abre
PT3-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en PT3	Indicador-Alarma		
ALM2-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en ALM-2	Indicador-Alarma		
D5-PT	Sensor Transmisor de Presión	Control de Presión en D4	Sensor		
D5-PC	Controlador de presión	Control de Presión en D4	Controlador		
D5-PY	Convertidor de señal	Control de Presión en D4	Convertidor	V-44	Cierra
D5-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Sensor		
D5-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Controlador/ Interruptor		

D5-FT	Controlador de composición	Control de caudal de reflujo	Sensor		
D5-FIC	Controlador Indicador de Composición	Control de caudal de reflujo	Controlador/ Interruptor	V-43	abre
D5-LT	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en D-5	Sensor		
D5-LIC	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en D-5	Controlador/ Interruptor	V-47	abre
D5-TT (2)	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Sensor		
D5-TIC (2)	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D4	Controlador/ Interruptor	V-46	Cierra
D5-LT (2)	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en C-3	Sensor		
D5-LIC (2)	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en C-3	Controlador/ Interruptor	V-45	Cierra
PT1-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en PT1	Indicador		
ALM3-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en ALM-3	Indicador-Alarma		
D6-PT	Sensor Transmisor de Presión	Control de Presión en D6	Sensor		
D6-PC	Controlador de presión	Control de Presión en D6	Controlador		
D6-PY	Convertidor de señal	Control de Presión en D6	Convertidor	V-49	Abre
D6-TT	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D6	Sensor		
D6-TIC	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D6	Controlador/ Interruptor		

D6-FT	Controlador de composición	Control de caudal de reflujo	Sensor		
D6-FIC	Controlador Indicador de Composición	Control de caudal de reflujo	Controlador/ Interruptor	V-48	Regula
D6-LT	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en D-6	Sensor		
D6-LIC	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en D-6	Controlador/ Interruptor	V-51	abre
D6-TT (2)	Sensor Transmisor de Temperatura	Control de Temperatura en D6	Sensor		
D6-TIC (2)	Controlador Indicador de Temperatura	Control de Temperatura en D6	Controlador/ Interruptor	V-52	abre
D6-LT (2)	Sensor transmisor de caudal	Control De Nivel en C-4	Sensor		
D6-LIC (2)	Controlador indicador de nivel	Control De Nivel en C-4	Controlador/ Interruptor	V-50	Abre
ALM4-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en ALM-4	Indicador-Alarma		
PT4-L+	Indicador de Nivel	Control de Nivel alto en PT4	Indicador-Alarma		

5.6.2 Cuadro descriptivo del funcionamiento de los lazos de control

Se detalla cómo es la acción que hace cada instrumento en las etapas de proceso y como se define el objetivo de cada uno. Este diseño es de gran importancia para tener una automatización exitosa y maximizar los recursos.

LAZO	COMPONENTES	OBJETIVO	EJECUCION
M-1	M1-FT1	Controlar que la concentración de Agua en G3 NO supere el 2%	Controlar el caudal de G2 accionando una válvula
	M1-FC		
	M1-FT2		
	M1-FY		
TK2-F+L	TK2-FT	Conocer el abastecimiento del tanque (controlando ese caudal podemos saber si está siendo alimentado como se estableció o si hay alguna falla)	Accionar válvula V-2 para regular la toma directa de pozo
	TK2-LT		
	TK2-LIC		
	TK2-LY	Controlar el nivel del tanque de Agua por nivel bajo o alto de llenado	
T100-F	T100-FT1	Mantener el caudal especificado de alimentación a T-100 donde se separa el metanol	Accionar válvula V-4 para regular G-4
	T100-FC		
	T100-FY		
T100/101-T+F	T100/101-TT	Control en cascada: Controlar la temperatura en la parte superior en T-100/T101, fijando un “Set-Point” del caudal de retorno.	Regular caudal de retorno para T-100/T-101
	T100/101-TIC		
	T100/101-FIC	Verificación de la correcta operación mediante una relación de reflujo constante.	
	T100/101-FT		
T100/101-P	T100/101-PT	Mantener las condiciones de operación con vacío en la torre.	Prende alarma de advertencia para cumplir con los requerimientos de presión.
T100/101-T	T100/101-TT (2)	Controlar la temperatura de fondo en la operación de T-100/101	Acciona válvula V-7/V-20 y envía caudal de vapor

(2)	T100/101-TIC (2)		vivo a H-1/H-2 para regular la temperatura de fondo
T100/101-L	T100/101-LIC	Monitorear el nivel mínimo de la T-100/101	Regula caudales con V-6/V-53
	T100/101-LT		
T100/101-L (2)	T100/101-LIC (2)	Monitorear el nivel mínimo en X01/TK-6 – Condensadores	Regula caudales de acumulación.
IC-1	IC1-TT	Mantener la Temperatura de alimentación a T-100 según especificación.	Regulando con la válvula V-37 que alimenta vapor vivo al IC-1
	IC1-TC		
	IC1-TY		
AC-L	AC-LIC	Controlar el nivel del acidulador, para garantizar la correcta operación.	Regulando G9-2 mediante B-4
	AC-LT		
AC-T	AC-TT	Mantener las condiciones isotérmicas para mantener la acidulación.	Se acciona V-9 para regular el suministro de fluido de intercambio al serpentín del reactor
	AC-TC		
AC-pH	AC-pHT	Lograr la separación adecuada de los jabones (residuo) y el resto de nuestra mezcla. El pH resultante es un indicador clave en esta etapa.	De acuerdo con el resultado de pH en la mezcla reaccionante se regula el caudal de Solución acidulante (G-10) con V-8.
	AC-pHC		
	AC-pHy		
CTF-L	CTF-LIC	Controlar nivel de operación de la centrífuga	Acciona B-6 para alimentar la centrífuga
	CTF-LT		

CTF-E	CTF-ET	Control y acción del motor que regula la velocidad	Acelera o disminuye la velocidad en MT-1
	CTF-EC		
DC-O	DC2-OT	Lograr la separación de fases rigiéndose por la densidad de cada una que se mide y se transmite para ser controlada.	Mediante un sensor ubicado a la altura deseada de cada fase se accionan V-16 para regular G15-1
	DC2-OIC		
T101-F	T101-FT	Mantener el caudal especificado de alimentación a la T-101 donde se separa el agua	Accionar V-18 para regular G16-2 según necesidad
	T101-FC		
	T101-FY		
V32-P	V32-PT	Controlar la despresurización del Hidrógeno en V-32	Regula V-32
	V32-PC		
TK9-T	TK9-TT	Mantener la Temperatura de proceso del glicerol	Acciona V-22 para ingresar vapor a IC-10
	TK9-TIC		
TK9-L	TK9-LT	Control de nivel en el tanque de glicerol de alimentación a reacción	Acción de V-23 para regular el paso de caudal al reactor
	TK9-LIC		
	TK9-LY		
R1-F	R1-TT	Mantener la Temperatura Isotérmica en el proceso de obtención de PG	Regula ingreso de fluido de intercambio con V-27
	R1-TIC		
R1-F	R1-FT	Medir, controlar y comparar los 2 flujos de corrientes al reactor	Accionar V-27 para regular y compensar fluido de intercambio al reactor
	R1-FIC		
	R1-FY		
R1-P	R1-PT	Mantener la presión operativa bajo control	
	R1-PIC		

	R1-PY		Accionar V-25 en caso de desvíos en la presión de operación.
R1-L	R1-LT	Control de Nivel en el reactor para asegurar la masa reaccionante y la reacción completa	Regular Nivel con V-26
	R1-LIC		
	R1-LY		
DF1-T	DF1-TT	Control de temperatura para la separación de fases en destilador flash	Regula con V-28
	DF1-TIC		
D3,4,5,6-P	D3,4,5,6-PT	Control de la presión de operación en cada una de las torres de destilación de producto final	Regular Presión en Torre con V-38, V-39, V-44, V-49.
	D3,4,5,6-PC		
	D3,4,5,6-PY		
D3,4,5,6-T (2)	D3,4,5,6-TT (2)	Control de Temperatura de operación en nivel inferior de las torres	Accionar V-35, V-41, V-46, V-52 según la regulación necesaria
	D3,4,5,6-TIC (2)		
D3,4,5,6-L	D3,4,5,6-LT	Control de nivel bajo en D3,4,5,6	Acciona V-36, V-42, V-47, V-51.
	D3,4,5,6-LIC		
D3,4,5,6-T+F	D3,4,5,6-TT	Control en cascada: Controlar la temperatura en la parte superior en D3,4,5,6, fijando un “Set-Point” del caudal de retorno.	Regula el retorno de destilado a requerimiento para mantener lo especificado V-34, V-38, V-43, V-48.
	D3,4,5,6-TIC	Verificación de la correcta operación mediante una relación de reflujo constante.	
	D3,4,5,6-FT		
	D3,4,5,6-FIC		
D3,4,5,6-L (2)	D3,4,5,6-LT (2)	Control de nivel en almacenamiento de condensados C1,2,3,4.	Acciona V-35, V-40, V-45, V-50.
	D3,4,5,6-LIC (2)		

L+ (todos)	TK3,4,5,8-L+, DC-L+, EVP1-L+, DF1-L+, M2-L+, E02-L+, PT1,2,3,4-L+, ALM1,2,3,4-L+,	Control de Nivel.	
-------------------	--	-------------------	--

Aclaración: Como el control de las torres son similares, se simplifica la descripción diciendo que para el lazo D3, 4, 5,6-L, esto quiere decir que hay un lazo de control para D3, D4, D5 y D6 que son idénticos, o sea se aplica el mismo sistema de control. Lo mismo aplica para los controladores y sensores.

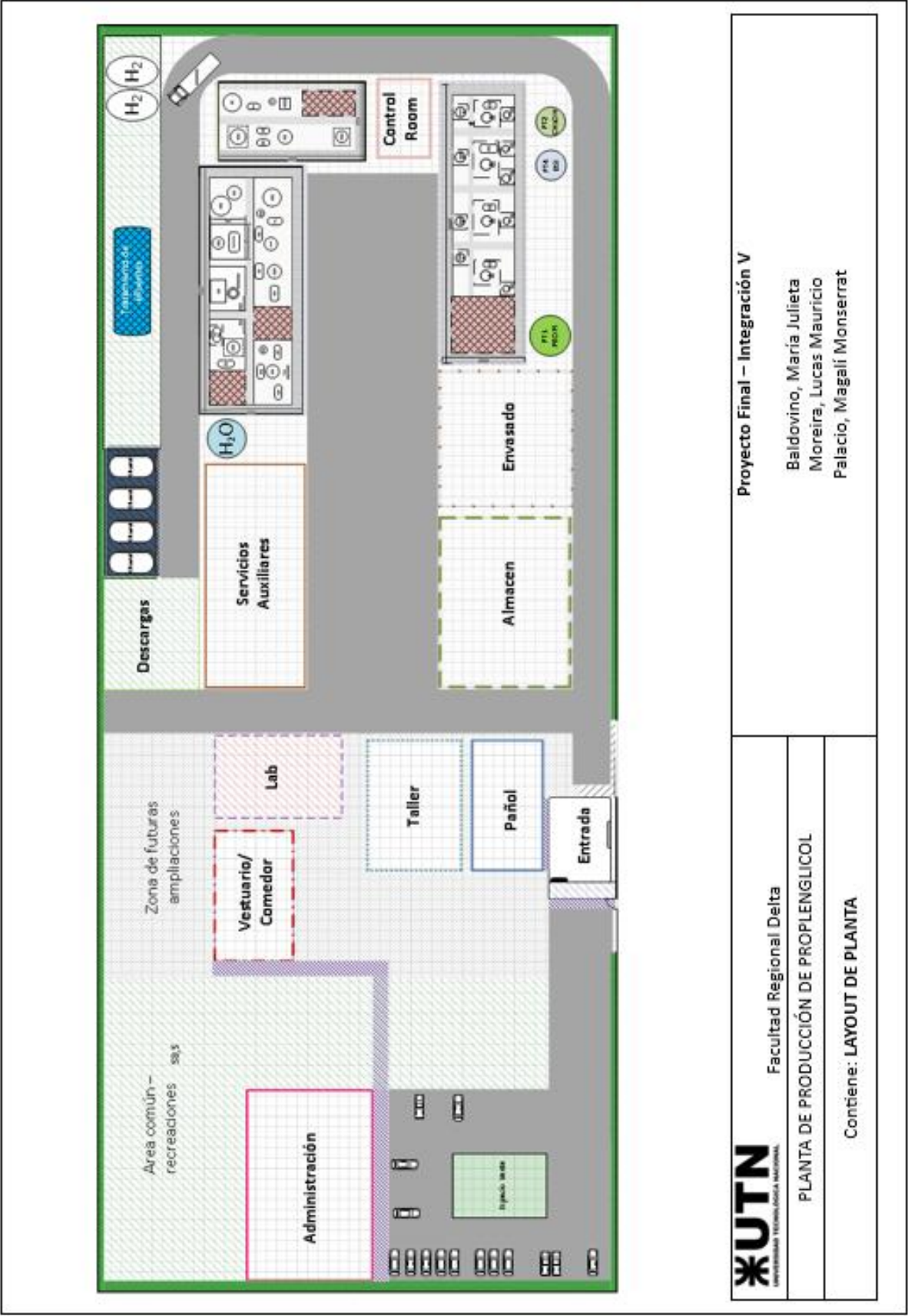
5.7 LAYOUT

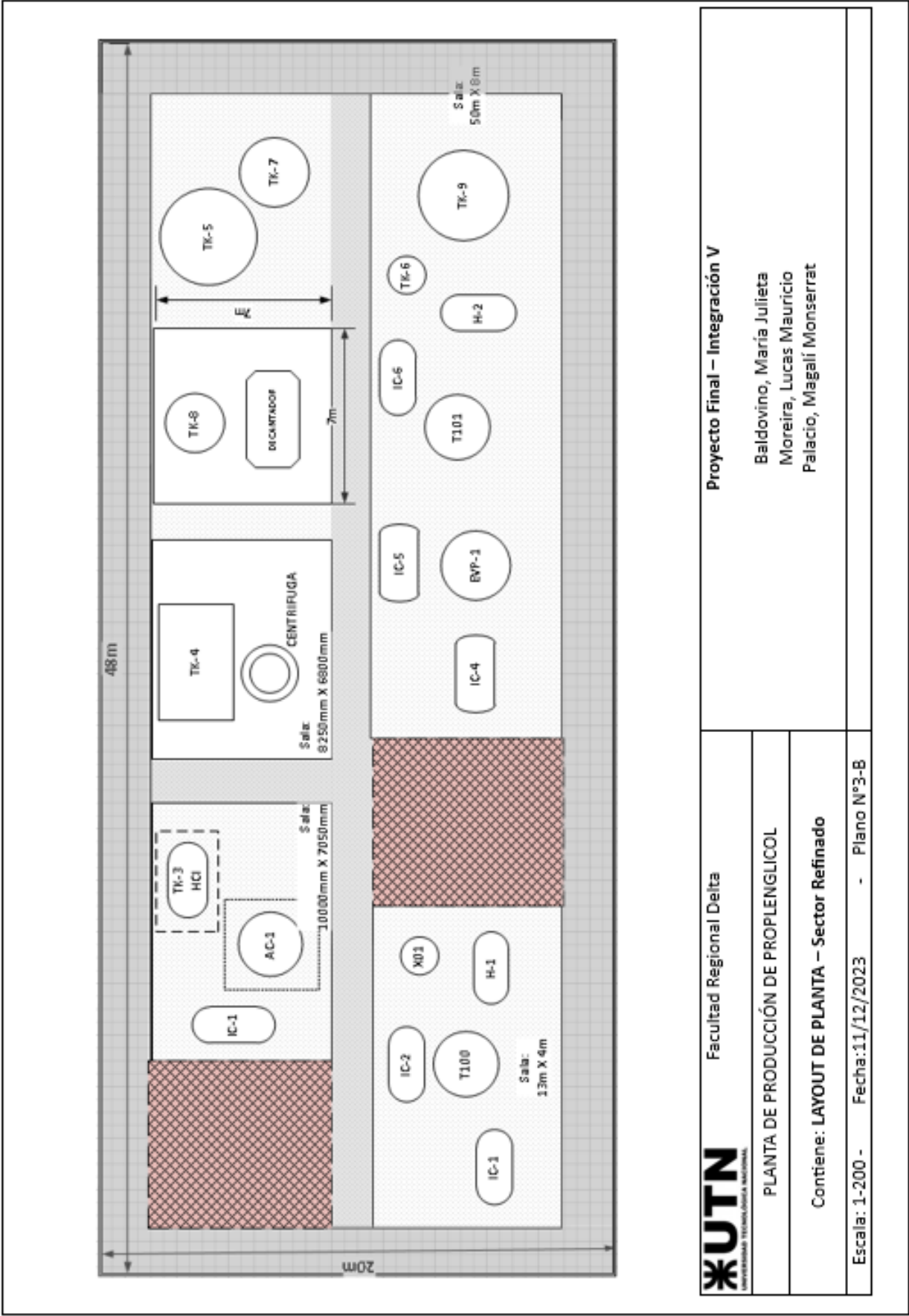
La distribución en planta o Layout engloba la disposición de los trabajadores, materiales, máquinas y herramientas, líneas de producción y estaciones de trabajo, de tal forma que se consiga crear un sistema único y funcional.

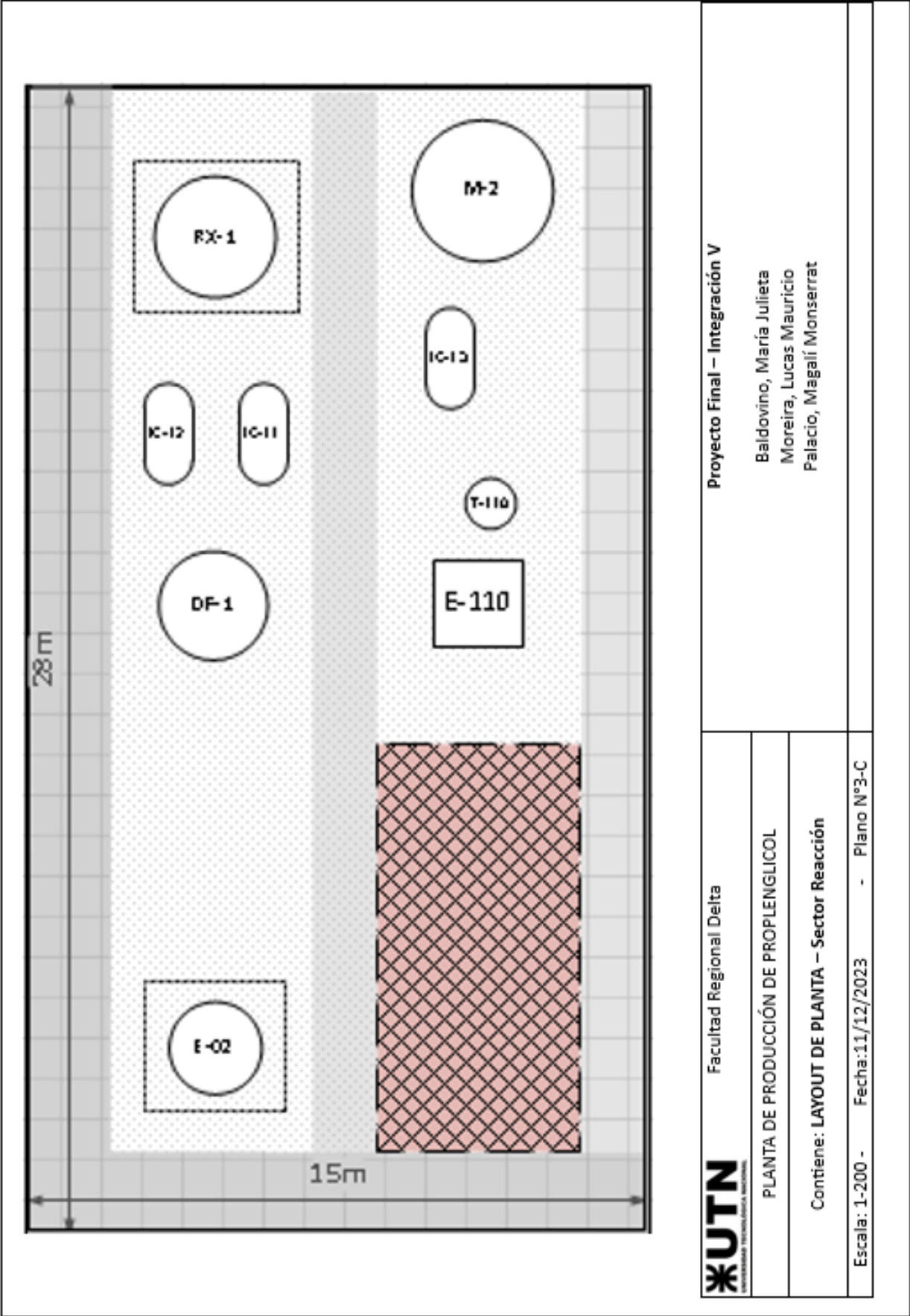
Las disposiciones de sectores y equipos productivos, se esquematizan de manera que se puedan ahorrar recursos, reducir costos, evitar movilizaciones y exposiciones del personal y optimizar toda la tarea de manera efectiva y factible.

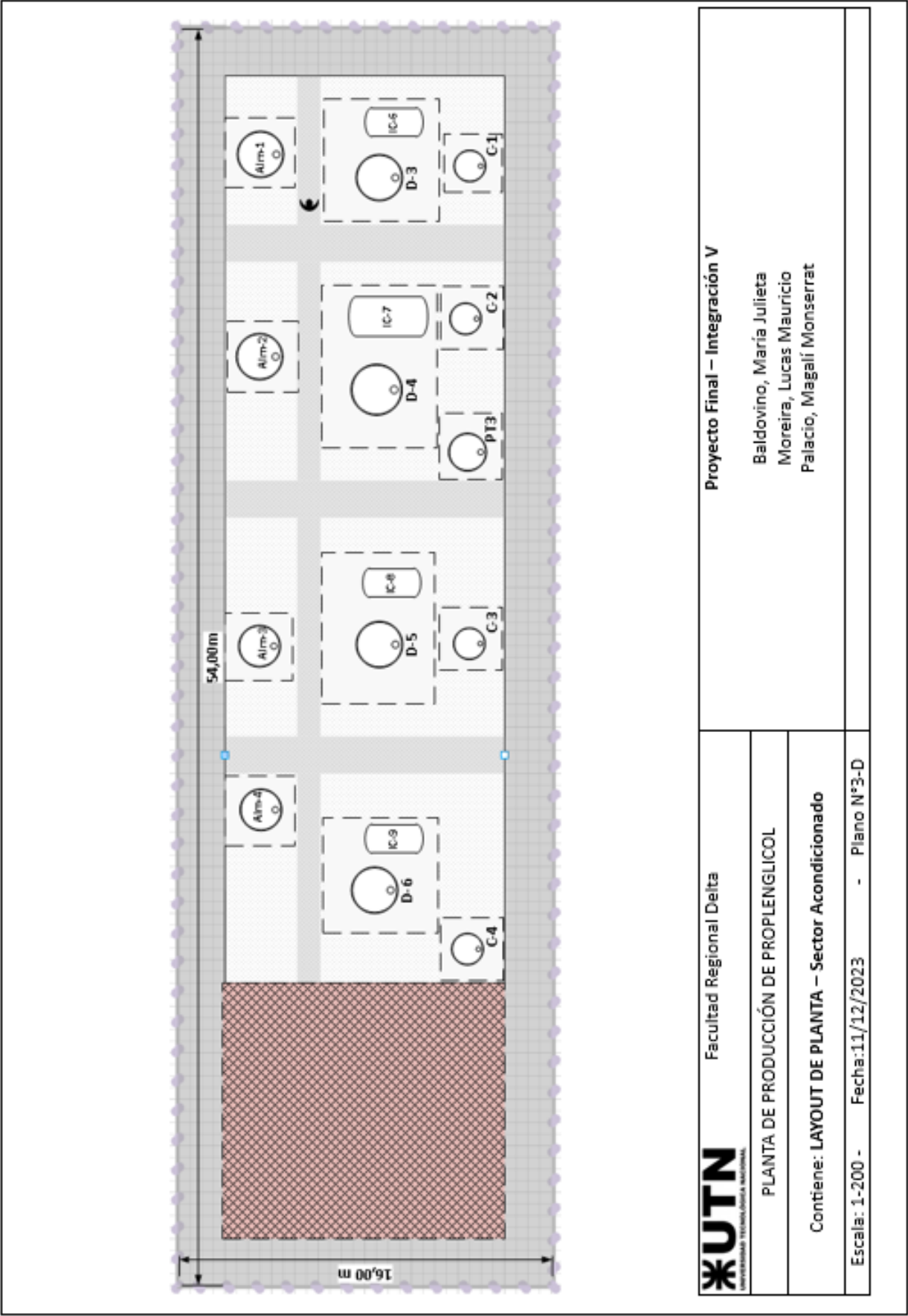
Se presentan de manera consecutiva 4 diagramas que contienen:

- Plano N°3: Layout General de Planta. Muestra la disposición de toda la planta, los espacios productivos, los espacios administrativos y los espacios verdes o libres que quedan en el terreno. Es el diseño general del Proceso Industrial.
- Plano N°3-B: Sector de Refinado de Glicerina con la disposición particular de equipos y áreas de circulación dentro del propio sector.
- Plano N°3-C: Sector de Reacción con la disposición particular de equipos, y bosquejo de los mismos y áreas de circulación dentro del propio sector.
- Plano N°3-D: Sector de Acondicionado de PG con la disposición particular de equipos y áreas de circulación dentro del propio sector.









Detalle de las áreas y sus características:

Áreas	Cantidad de Equipos	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Acondicionamiento	25	16,0	54,0	864,0
Reacción	10	28,0	15,0	420,0
Refinación	21	20,0	48,0	960,0
Servicios auxiliares	4	19,0	43,0	817,0
Envasado	1	25,4	26,0	660,4
Depósito de hidrogeno	2	10,0	13,0	130,0
Depósito de Glicerina	4	10,0	25,0	250,0
Tratamiento de efluentes	1	7,0	20,0	140,0
Almacén	1	25,0	32,6	815,0
Pañol	0	13,5	25,0	337,5
Taller	0	18,0	25,0	450,0
Sala de control	0	15,0	10,0	150,0
Laboratorio	0	16,0	24,7	395,2
Edificio Administrativo	0	24,0	36,5	876,0
Comedor/vestuarios	0	15,0	25,0	375,0
Entrada	0	12,0	16,4	197,0
cubierto				7837,1

Las áreas de producción y edificios complementarios se relevan mediante un estudio dimensional y funcional.

Se distribuyen las áreas productivas y administrativas y de acceso común según lo indicado en la tabla anterior que discrimina áreas totales para cada uno de los sectores.

Ocupado	Refinación	960	(m²)
%	#	Equipos	Área (m²)

26,13	1	Calentador (IC-1)	4,06	
	2	Torre de destilación (T-100)	9,82	
	3	Condensador (IC-2)	4,06	
	4	hervidor (H-1)	3,64	
	5	TK de condensado(X01)	3,08	
	6	bomba de vacío (BV-1)	1,00	
	7	Cooler (IC-3)	1,00	
	8	Acidulador	12,60	
	9	Centrifuga	7,53	
	10	Decantador	7,50	
	11	Calentador (IC-4)	4,50	
	12	Evaporador (EVP-1)	2,82	
	13	Condensador (IC-5)	4,50	
	14	TK de condensados (TK-6)	3,39	
	15	Torre de destilación (T-101)	9,82	
	16	Condensador (IC-6)	4,06	
	17	TK Glicerina (TK-9)	19,24	
	18	hervidor (H-2)	4,06	
	19	Mezclador (M-4)	2,00	
	20	Tk- orgánicos TK-8	2,04	
	21	Tk- HCl	2,04	
	22	TK- Ácidos grasos	2,04	sub-área
	23	futuras ampliaciones	94,25	250,87
Ocupado	Reacción	420	(m²)	
%	#	Equipos	Área (m²)	
	32,98	1	Mezclador (M-2)	19,24
	2	Calentador (IC-13)	3,00	
	3	Reactor PG RX01	14,40	
	4	Enfriador (IC-11)	3,00	

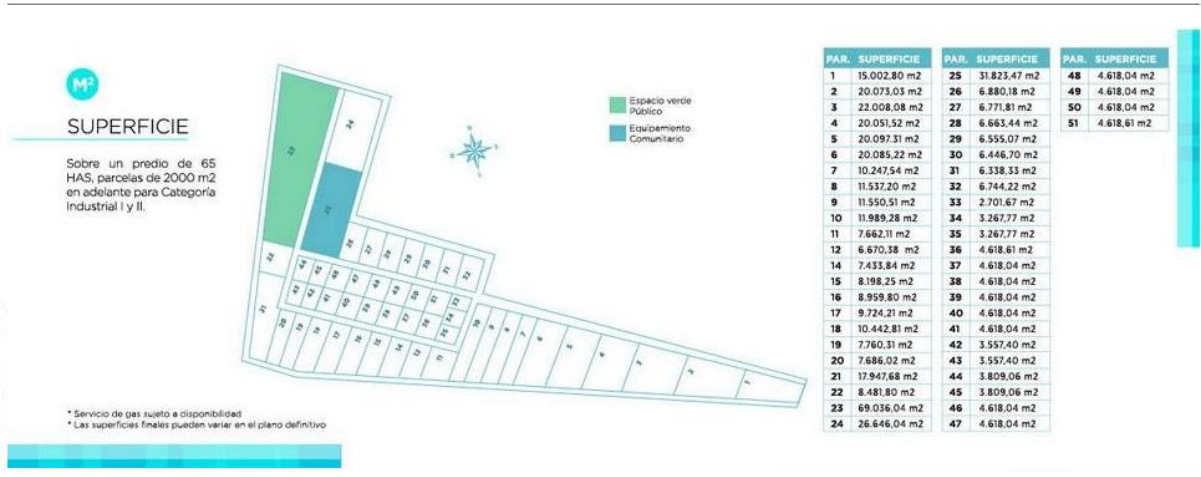
	5	Enfriador (IC-12)	3,00	
	6	Purga (T-110)	3,53	
	7	Destilador flash (DF-1)	2,86	
	8	Pulmón (E02)	11,52	
	9	Compresor (E-110)	4,62	sub-área
	10	futuras ampliaciones	50,27	138,54
Ocupado	Acondto	864	(m²)	
%	#	Equipos	Área (m²)	
26,32	1	Torre de destilación (D-3)	4,00	
	2	ALM-1	4,00	
	3	IC-6	3,13	
	4	C-1	1,85	
	5	Torre de destilación (D-4)	4,84	
	6	ALM-2	4,00	
	7	IC-7	5,78	
	8	C-2	1,85	
	9	Tanque PT-3	2,56	
	10	Torre de destilación (D-5)	4,00	
	11	ALM-3	3,24	
	12	IC-8	3,13	
	13	C-3	1,85	
	14	Torre de destilación (D-6)	4,00	
	15	ALM-4	3,24	
	16	IC-9	3,13	
	17	C-4	1,85	sub-área
	18	futuras ampliaciones	133,10	227,44

- Seleccionamos la parcela 24 de 26.646,04 m²
- La sección ocupada es de 7837,1 m², lo cual resulta el (29.41% del terreno total).

La planta de producción se va a ubicar dentro del CIE “Consortio Industrial de Ensenada” al sur de la provincia de Buenos Aires.



PLANO DE PARCELAS



5.8 DIAGRAMA ISOMETRICO

5.8.1 Diseño de Sistema de Cañerías

Consiste en el diseño mecánico de un tramo de cañería que considera principalmente dos cuestiones:

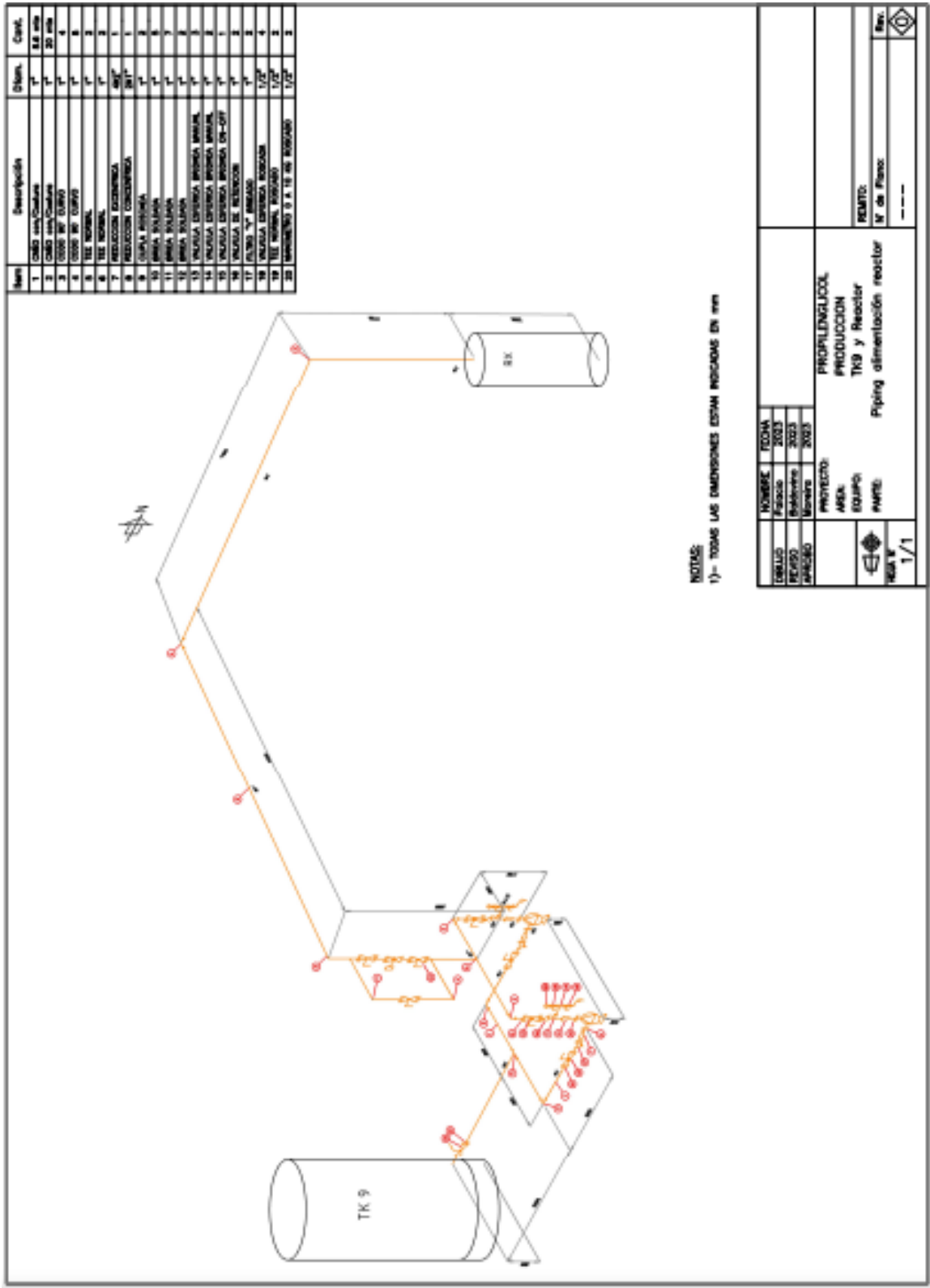
- Selección del material para la cañería en el tramo especificado.
- Cálculo del espesor necesario que debe tener.

Este tramo que presentamos es la conexión de cañerías entre TK-9 que contiene el Glicerol al 99% de pureza, hasta el ingreso al RX-01 donde se realiza la reacción principal de este proceso.

Como consideraciones del diseño, se opta por acero inoxidable 316L por ser el material indicado para el proceso de productos de grado USP, que debe cumplir con estándares de calidad sanitaria.

Podrá verse la disposición espacial del tramo en el diagrama isométrico incluido en este capítulo, que contempla las distancias reducidas para la conveniencia en los costos, esto quiere decir que se disponen de la manera óptima.

5.8.2 Diagrama Isométrico



Detalle del diagrama isométrico.

La salida de TK-9 (nuestro punto A) es el comienzo del tramo a diseñar y se dispone 80cm. elevado del nivel del suelo para facilitar la accesibilidad del personal para acciones de mantenimiento u operación y además éste tanque presenta una contención preventiva de derrames que se contempla como necesaria para el resguardo de la materia prima previamente procesada y de gran valor económico. Luego sale una línea con válvula a ese nivel mencionado al comienzo para la facilidad operativa.

Luego se diagrama una disposición by-pass de 2 líneas de bombas, para tener disponible una línea de bombeo pulmón si surgiera alguna avería en la línea principal, y que a su vez cuenta en ambas instalaciones, con los accesorios correspondientes para hacer los cortes de flujo y cambios de secciones en cada una de las bombas. Continuamos con el diseño de las cañerías en altura para contemplar los pasajes de utileros y requerimientos de mantenimiento y tráfico propio de la operación de planta que serán de gran optimización para el trabajo diario.

Se llega a la entrada al RX01 (punto B) que es el final de nuestro tramo y que lo disponemos en altura para el beneficio de la reacción.

Los tramos de cañería son TODOS en acero inoxidable 316 para preservar inocuidad de la materia prima y los accesorios y bridas también.

Usamos bombas de engranajes para el bombeo del material a altas temperaturas y presiones elevadas.

5.8.3.1 Diámetro de la Cañería

Para el cálculo de tuberías necesarias para el correcto transporte de fluidos en el interior de la planta el diámetro interno necesario para que dichos fluidos puedan circular a la velocidad deseada representa el parámetro crítico para el buen dimensionamiento de las tuberías. Dado que se tiene el flujo volumétrico de todos los corrientes, tanto de proceso como de servicio, tan solo hace falta determinar la velocidad de paso del fluido para obtener el área de paso, y con ésta podremos saber el diámetro interno:

El primer parámetro necesario es el diámetro de la cañería a utilizar, que podemos despejarlo de la siguiente ecuación de cálculo de la velocidad del fluido dentro del caño.

Como dato de diseño, tomamos D (diámetro) supuesto $D=2\text{in}$ (0,05m), y utilizando el dato de caudal másico para calcular

$$V = \frac{m}{\rho \cdot A} = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \pi \cdot D^2}$$

Datos de interés del fluido a transportar:

- Temperatura: 220 ° C
- Caudal masico total: 0,423 kg/s

$$v = \frac{4 \cdot 0,423 \text{ kg/s}}{942,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (0,05 \text{ m})^2} = 0.2 \text{ m/s}$$

Con este valor de velocidad supuesta, y utilizando la ecuación de Colebrook

$$\text{Ecuación de Colebrook: } \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{\frac{e}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

La expresión de la ecuación de Colebrook no se puede despejar, por lo cual se requiere aplicar un proceso iterativo de cálculo, donde los valores a suponer son; el factor de fricción de Darcy y el diámetro interno de cañería.

El procedimiento de cálculo se lleva a cabo así;

1. Llamamos F y B como sigue a los términos de la ecuación de Colebrook

$$F = \frac{1}{\sqrt{f}} ; B = -2 \log_{10} \left(\frac{\frac{e}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

2. Definimos la siguiente función objetivo para poder averiguar los valores de f y de d_i finales, utilizando Solver en Excel.

$$F.O = F - B$$

3. Iteramos con Solver hasta que la F.O sea igual a 0.

Dato	Descripción	Valor	Unidades	Observaciones
ρ_{Liq}	Densidad de la glicerina líquida	942,1	kg/m ³	Fuente HYSYS
μ_{Liq}	Viscosidad de la glicerina	0,00230	kg/ms	Fuente HYSYS
m_{gly}	Caudal masico de la glicerina	0,423	kg/s	Fuente HYSYS : 1524 kg/h
d_i	Diametro interno cañería	0,024	m	Fuente HYSYS
v_i	Velocidad del fluido	1,0	m/s	
P_a	Presion en el punto A (Abs)	101	kPa	
P_b	Presion en el punto B (Abs)	4800	kPa	
ϵ	Rugosidad Acero inox	0,000002	m	
Calcular por iteracion Factor de darcy y el diametro interno				
d	Diametro interno de cañería	0,024	m	1in aprox
A	Area trasversal	4,5E-04	m	
v	Velocidad	1,0	m/s	
f	Factor de Darcy	0,02	ad.	
Re	Numero de reynolds	9797,54	ad.	Reg. turbulento
F	Termino de la Ec. Colebrook	7,887	ad.	
B	Termino de la Ec. Colebrook	7,888	ad.	
FO	Funcion Objetivo para iteración	0,00	ad.	

Los resultados de este procedimiento nos arrojan un valor de diámetro **D=0,024 m** (≈ 1 in) y **f=0,02**

Una vez obtenido este valor de Diámetro y el factor, podemos pasar a calcular la potencia de la bomba.

5.8.3.2 Potencia de la Bomba y altura requerida por el sistema

Para poder determinar la potencia de la bomba, se necesita calcular el trabajo que se le debe impartir al fluido para alcanzar la presión operativa. Para ello se usa la Ecuación de Bernoulli.

$$\text{Ecuación de Bernoulli} = h_B = \frac{P_B - P_A}{\rho \cdot g} + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + z_B - z_A + h_L$$

Esta expresión se encuentra en metros. Donde,

P_A es la presión absoluta en el punto A, que es la salida del tanque TK-9

P_B es la presión absoluta en el punto B, que es la entrada al Reactor RX-01

P_A	Presión en el punto A (Abs)	101	kPa
P_B	Presión en el punto B (Abs)	4800	kPa

z_A es la altura en la cual se encuentra el punto A, con respecto $z=0$ (el piso), unidades en m

z_B es la altura el cual se encuentra el punto B, con respecto $z=0$ (el piso), unidades en m

v_A es la velocidad del fluido en el punto A, unidades en m/s

v_B es la velocidad del fluido en el punto B, unidades en m/s

Considerando que NO hay cambio de diámetro y D es constante desde A hasta B, $v_A = v_B = 1 \text{ m/s}$,

Por lo tanto, $\frac{v_B^2 - v_A^2}{2g} = 0$

Entonces nos queda,

$$h_B = \frac{P_B - P_A}{\rho * g} + z_B - z_A + h_{Lt}$$

La pérdida de carga por fricción se determina de la siguiente forma;

$$(Para accesorios) \quad h_{La} = f * \sum K_L * \frac{v^2}{2g} ,$$

Donde k_L es el coeficiente de pérdida de accesorios. Los coeficientes k_L de distintos accesorios se encuentran tabulados en bibliografía técnica. Para el tramo de cañería descripto, los coeficientes utilizados son:

Coeficiente de pérdida K_L de Accesorios	
Valvula Charnela (Antiretorno) bridada	2 ad
Valvula Compuerta (Seguridad) bridada	0,2 ad
Valvula Asiento (instrumentación) bridada	6 ad
Accesorio T bridada	1 ad
Codo de 90° bridada	0,3 ad
Expansión de Cañería	2,36 ad

$$(Para cañerías) \quad h_{Lc} = f * \sum \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} ,$$

Donde L es la longitud del tramo de cañería y D su diámetro.

Los términos f y $\frac{v^2}{2g}$ son el factor de fricción de Darcy cuyo valor es 0,02 y el otro término es la carga por velocidad. La sumatoria denota la contribución de cada sección de caño que integra el sistema de cañería y de cada accesorio en el caso de la pérdida de carga en accesorios.

La pérdida de carga por fricción en el tramo de cañería seleccionado (m) es la suma de las pérdidas de carga ya mencionadas en los párrafos anteriores.

$$h_{Lt} = h_{La} + h_{Lc}$$

Calculo de la pérdida de carga generada por todos los accesorios, h_{La} , en el tramo A-B.

$$h_{La} = \frac{v^2}{2g} \cdot [2 \cdot K_{L \text{ Válv. Asiento}} + K_{L \text{ Válv. Antiretorno}} + 2 \cdot K_{L \text{ Válv. compuerta}} + 4 \cdot K_{L \text{ Acc T}} + 5 \cdot K_{L \text{ codo } 90^\circ} + K_{L \text{ Exp}} + K_{L \text{ contracc}}]$$

Reemplazando todos los datos de la fórmula:

$$h_{La} = \frac{\left(1 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot [2 \cdot 6,0 + 2,0 + 2 \cdot 0,2 + 5 \cdot 1,0 + 5 \cdot 0,3 + 2,4 + 0,2] = 1,0m$$

Calculo de la pérdida de carga generada por los caños, h_{Lc} , que integran el tramo A-B

$$h_{Lc} = f \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \left[\frac{L_{A-s}}{D} + \frac{L_{d-B}}{D} \right]$$

Donde D es el diámetro de la cañería. Reemplazando todos los datos de la fórmula:

$$h_{Lc} = 0,02 \cdot \frac{\left(1 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot \left[\frac{3,8m}{0,024m} + \frac{22,4m}{0,024m} \right] = 41,0m$$

Para calcular la pérdida de carga total por fricción usando la ecuación,

$$h_{Lt} = h_{La} + h_{Lc}$$

$$h_{Lt} = 1,0m + 41,0m$$

La pérdida de carga por fricción total es: **42,0 m.**

Al reemplazar todos los valores en la ecuación de Bernoulli, obtenemos la carga en metros que aporta la bomba al sistema:

$$h_B = \frac{W_{fluido}}{\dot{m}g} = \frac{\eta \cdot W_{Bomba}}{\dot{m}g} = \frac{P_B - P_A}{\rho \cdot g} + z_B - z_A + h_{Lt}$$

$$h_B = \frac{4800 \text{ kPa} - 101 \text{ kPa}}{942,1 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81} \cdot 1000 \frac{Pa}{kPa} + 2,7m - 0,8m + 42,0m = 552,3m$$

La altura necesaria por el Sistema, h_B es: 552.2m

La potencia que se debe suministrar al fluido por la bomba es:

$$h_B = \frac{W_{fluido}}{\dot{m}g} = 44,2m \rightarrow W_{fluido} = 552,2m \cdot \dot{m} \cdot g = 552,2m \cdot 0,423 \frac{kg}{s} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$= 2293,5 \frac{kgm^2}{s^3} = \frac{kgm^2}{s^2} \frac{1}{s} = \frac{J}{s} = Watt$$

Potencia transmitida al fluido = 2293,5 watts (2,3 kW)

Considerando que los valores de eficiencia típicas de una bomba esta entre 55% para bombas chicas y 70% para bombas grandes. Determinamos el valor de la potencia al freno de la bomba, es aquella suministrada por el eje de la misma.

$$\eta = \frac{\text{Potencia hidraulica (WHP)}}{\text{Potencia al freno (BHP)}} \rightarrow$$

$$BHP = \frac{WHP(\text{potencia hidraulica})}{\eta} = \frac{2293,5 \text{ watt}}{0.7} = 3276,4 \text{ Watt}$$

La potencia al freno de la bomba es de: 3276.4 Watt (3,3 kW)

5.8.3.3 Espesor de la cañería

Se realiza el cálculo del *espesor mínimo requerido*. El mínimo espesor de pared para cualquier tubo sometido a presión interna o externa es una función de:

- a) El esfuerzo admisible para el material del tubo, el mismo se define en términos de las propiedades de resistencia mecánica del material, obtenidas en ensayos de tracción para diferentes niveles de temperatura y de un factor de seguridad global.
- b) Presión de diseño
- c) Diámetro de diseño del tubo
- d) Márgenes de tolerancia de la corrosión y fabricación.

La fórmula para calcular el espesor mínimo de pared requerido se detalla a continuación cañería.

$$\text{Calculo de espesor minimo, } t = \frac{P \cdot D}{2SE}$$

Donde:

P es la presión de diseño del tubo, por normas la presión de diseño es un 10% más que la presión operativa, o sea:

$$P_{diseño} = 1,10 * P_{OP}$$

- D es el diámetro externo de tubería (OD). Este dato se saca de la tabla 1 ASME 36.19M. D=1,315 in
- S es el esfuerzo admisible mínimo del material a la temperatura de operación. A este parámetro se lo afecta por un factor de seguridad, denominado factor de reducción del esfuerzo de fluencia (FS). Se recomienda por norma un valor de 0,6 para este factor para el caso de sistemas de tuberías en régimen permanente.
- E es el factor de calidad o eficiencia de juntas. Su valor es de E=1 para tuberías sin costuras.

El tramo del sistema de cañerías asignado para el diseño en este isométrico consta de dos secciones. La primera sección de baja presión (Comprende desde la salida del tanque hasta el punto de succión de la bomba "A-s"). La segunda sección de alta presión (Comprende desde la descarga de la bomba hasta la entrada al reactor "d-B"). Estos tramos de caños mencionado tienen presiones de operación diferentes por ende el espesor de estos será diferente.

A continuación, se resume la información necesaria para los cálculos de los espesores mínimos de cada tramo de tubería mencionado, sin considerar las tolerancias por fabricación y corrosión.

Condiciones operativas de las tuberías A-s

Dato	Descripción	Valor	Unidades	Observaciones
cañería tramo A-s				
P _{op}	presión operativa	101,0	kPa	14,637681 psi
P _{sis}	Presión de diseño	151,5	kPa	22,0 psi
d _i	Diámetro interno de cañería	0,024	m	0,9448819 in
OD	Diámetro externo	0,033	m	1,315 in
S	Valor del esfuerzo admisible a 260°C	69,0	MPa	10.000 psi
S. FS	Valor de esfuerzo admisible x Factor de reducción de esfuerzo	41,4	MPa	6.000 psi
E	Eficiencia de las juntas	1		

Condiciones Operativas de la tubería d-B.

cañería tramo d-B					
P _{op}	presión operativa	4.800	kPa		
P _{dis}	Presión de diseño	5.280,0	kPa	765,0	psi
d _i	Diámetro interno de cañería	0,024	m	0,9448	in
OD	Diámetro externo	0,033	m	1,315	in
S	Valor del esfuerzo admisible a 260°C	69,0	MPa	10.000	psi
S. FS	Valor de esfuerzo admisible x Factor de reducción de esfuerzo	41,4	MPa	6.000	psi
E	Eficiencia de las juntas	1			

Los Datos de S y E se toman de tablas que se encuentran en la norma ANSI B31.1

Con la información anterior se realiza el cálculo de espesor mínimo del tubo. Se tomará los valores en unidades inglesas

Espesor mínimo tramo A-s:

$$t = \frac{22,0 \text{ psi} \times 1,315 \text{ in}}{2 \times 6000 \text{ psi} \times 1} = 0,00241 \text{ in}$$

Se multiplica este resultado por 25,4 para pasarlo a mm, por lo tanto, t= 0,06mm.

Este espesor no incluye margen por corrosión y de fabricación, se toma un margen de tolerancia de 12,5%, en este caso es equivalente a 0,125 in. Esto se expresa de la siguiente manera:

$$t_m = t + c = 0,00241 \text{ in} + 0,125 \text{ in} = 0.126 \text{ in}$$

Multiplicando por 25,4 obtenemos el resultado en mm, entonces **t_m= 3,195 mm**, el espesor de la cañería para el tramo A-s.

Espesor mínimo tramo d-B:

$$t = \frac{765,0 \text{ psi} \times 1,660 \text{ in}}{2 \times 6000 \text{ psi} \times 1} = 0,126 \text{ in}$$

Se multiplica este resultado por 25,4 para pasarlo a mm, por lo tanto, t= 3,195mm.

Este espesor no incluye margen por corrosión y de fabricación, se toma un margen de tolerancia de 12,5%, en este caso es equivalente a 0,125 in. Esto se expresa de la siguiente manera:

$$t_m = t + c = 0,159in + 0,125in = 0,284 in$$

Multiplicando por 25,4 obtenemos el resultado en mm, entonces $t_m = 7,208 \text{ mm}$, el espesor de la cañería para el tramo d-B.

Con los espesores, seleccionaremos el tubo de acero inoxidable 316L que aproximadamente se ajuste a la especificación de espesores calculados. Para ello, se utilizará la tabla 10.18 tuberías de acero – *Perry 7ed.*

17. Propiedades de tuberías de acero [Tabla 10.18 Perry 7^{ma} Edición]

TABLA 6-6 Propiedades de las tuberías de acero

Tamaño nominal de tub., in	Diám. exterior, in	No. de cédula	Espesor de la pared, in	Diám. interior, in	Área de corte transversal		Circunferencias, ft, o superficie, ft ² /ft de longitud		Capacidad a una velocidad de 1 ft/s		Peso de tub. de extremos lisos, en lb/ft
					Metal en in ²	Flujo en ft ²	Exterior	Interior	U.S. gal/min	Lb/h de agua	
¾	0.405	10S	0.049	0.307	0.055	0.00051	0.106	0.0804	0.231	115.5	0.19
		40ST, 40S	.068	.269	.072	.00040	.106	.0705	.179	89.5	.24
		80XS, 80S	.095	.215	.093	.00025	.106	.0563	.113	56.5	.31
¾	0.540	10S	.065	.410	.097	.00092	.141	.107	.412	206.5	.33
		40ST, 40S	.088	.364	.125	.00072	.141	.095	.323	161.5	.42
		80XS, 80S	.119	.302	.157	.00050	.141	.079	.224	112.0	.54
¾	0.675	10S	.065	.545	.125	.00162	.177	.143	.727	363.5	.42
		40ST, 40S	.091	.493	.167	.00133	.177	.129	.596	298.0	.57
		80XS, 80S	.126	.423	.217	.00098	.177	.111	.440	220.0	.74
¾	0.840	5S	.065	.710	.158	.00275	.220	.186	1.234	617.0	.54
		10S	.083	.674	.197	.00248	.220	.176	1.112	556.0	.67
		40ST, 40S	.109	.622	.250	.00211	.220	.163	0.945	472.0	.85
		80XS, 80S	.147	.546	.320	.00163	.220	.143	0.730	365.0	1.09
		160	.188	.464	.385	.00117	.220	.122	0.527	263.5	1.31
		XX	.294	.252	.504	.00035	.220	.066	0.155	77.5	1.71
1	1.050	5S	.065	.920	.201	.00461	.275	.241	2.072	1036.0	0.69
		10S	.083	.884	.252	.00426	.275	.231	1.903	951.5	0.86
		40ST, 40S	.113	.824	.333	.00371	.275	.216	1.665	832.5	1.13
		80XS, 80S	.154	.742	.433	.00300	.275	.194	1.345	672.5	1.47
		160	.219	.612	.572	.00204	.275	.160	0.917	458.5	1.94
		XX	.308	.434	.718	.00103	.275	.114	0.461	230.5	2.44
1	1.315	5S	.065	1.185	.255	.00768	.344	.310	3.449	1725	0.87
		10S	.109	1.097	.413	.00656	.344	.287	2.946	1473	1.40
		40ST, 40S	.133	1.049	.494	.00600	.344	.275	2.690	1345	1.68
		80XS, 80S	.179	.957	.639	.00499	.344	.250	2.240	1120	2.17
		160	.250	0.815	.836	.00362	.344	.213	1.625	812.5	2.84
		XX	.358	0.599	1.076	.00196	.344	.157	0.878	439.0	3.66
1½	1.660	5S	.065	1.530	0.326	.01277	.435	.401	5.73	2865	1.11
		10S	.109	1.442	0.531	.01134	.435	.378	5.09	2545	1.81
		40ST, 40S	.140	1.380	0.668	.01040	.435	.361	4.57	2285	2.27
		80XS, 80S	.191	1.278	0.881	.00891	.435	.335	3.99	1995	3.00
		160	.250	1.160	1.107	.00734	.435	.304	3.29	1645	3.76
		XX	.382	0.896	1.534	.00438	.435	.235	1.97	985	5.21
1½	1.900	5S	.065	1.770	0.375	.01709	.497	.463	7.67	3835	1.28
		10S	.109	1.682	0.614	.01543	.497	.440	6.94	3465	2.09
		40ST, 40S	.145	1.610	0.800	.01414	.497	.421	6.34	3170	2.72
		80XS, 80S	.200	1.500	1.069	.01225	.497	.393	5.49	2745	3.63
		160	.281	1.338	1.429	.00976	.497	.350	4.38	2190	4.86
		XX	.400	1.100	1.885	.00660	.497	.288	2.96	1480	6.41

Observar que, para un espesor de 0,126 in, como mínimo para el tramo A-s, el tamaño de tubo de acero apropiado sería aquel de diámetro nominal (DN) de 1 in y número de cédula de 40S: con diámetro interior (ID) de 1,049 in y un espesor de pared de 0,133 in (3,378 mm).

Para un espesor de 0,284 in, como mínimo para el tramo d-B, el tamaño de tubo de acero apropiado sería aquel de DN de 1 ½ in y número de cédula XX: ID de 0,896 in y espesor de pared de 0,382 in (9,703mm). Vale aclarar que para el tramo d-B se opta por un tubo 1 ½ in nominal en vez de uno de 1 in nominal porque si se toma un OD 1,315 in (como en el tramo A-s) para que cumpla con la

especificación del espesor de pared calculado, el diámetro interno del tubo cae a 0,599 in. Este valor de diámetro interno es casi la mitad del diámetro interno necesario para mantener una velocidad 1m/s de la glicerina que circula en el sistema (0,94 in), afectando el régimen de flujo en el sistema.

Resumen de resultados.

Tramo de cañería	Especificación de fabricante	Valor
A-s	diámetro nominal, mm (in)	25,4 (1)
	diámetro externo, mm (in)	33,4 (1,315)
	N° de cedula	40S
	diámetro interno, mm (in)	26,6 (1,049)
	Espesor de la pared, mm (in)	3,4 (0,133)
d-B	diámetro nominal, mm (in)	25,7 (1,25)
	diámetro externo, mm (in)	42,1 (1,660)
	N° de cedula	XX
	diámetro interno, mm (in)	22,8 (0,896)
	Espesor de la pared, mm (in)	7,2 (0,382)

5.8.3.4 Altura neta positiva de aspiración (ANPA)

Para el funcionamiento satisfactorio de la bomba debe evitarse la cavitación, tanto para se debe obtener un buen rendimiento para evitar daños en el impulsor. Cuando el líquido pasa por el impulsor de la bomba, se produce un cambio de presión. Si la presión absoluta del líquido cae por debajo de la presión de vapor, se producirá cavitación. Las zonas de vaporización obstruyen el flujo limitando la capacidad de la bomba. Cuando el fluido avanza a una zona de mayor presión, las burbujas colapsan.

Para evitar la cavitación es necesario mantener la presión en la succión de la bomba por encima de la presión de vapor. El exceso de presión necesaria para operar en forma segura por un tiempo razonable es el ANPA requerido, esta información es proporcionada por los fabricantes.

El exceso de presión que se puede lograr con un sistema dado se lo denomina ANPA disponible, para evitar la cavitación insipiente el ANPA disponible deberá ser mayor al requerido. A continuación, se calcula dicho valor.

Se utilizar esta medida del ANPA:

$$ANPA\ disponible = \frac{P_{succión} - P_{vapor}}{\rho * g} + Z_s - Z_1$$

$$ANPA\ disponible = \frac{(-)Pa}{9,81m/s^2 * kg/m^3}$$

Para calcular la presión de vapor se va a utilizar la ecuación de Antoine.

$$\log_{10} P_{vap} = A - \left(\frac{B}{T(^{\circ}C) + C} \right)$$

Donde P_{vap} es la presión de vapor de la glicerina en mmHg.

T es la temperatura de la glicerina en $^{\circ}C$.

Donde los valores de las constantes A, B y C para la glicerina son:

A: 6,16501.

B: 1036,056.

C: 28,087

Reemplazando las constantes en la ecuación y la temperatura de la glicerina en el tramo de cañería (220 $^{\circ}C$) se opera matemáticamente para obtener la presión de vapor.

$$P_{vap} = 10^{A - \left(\frac{B}{T(^{\circ}C) + C} \right)}, mmHg$$

$$P_{vap} = 10^{6.16501 - \left(\frac{1036.056}{220^{\circ}C + 28.097} \right)} = 97,5\ mmHg$$

Se convierte el resultado anterior a kPa, por lo tanto, la presión de vapor de la glicerina a 220 $^{\circ}C$ es:

$$P_{vap} = 13.0\ kPa$$

Con el dato de la presión de vapor calculamos en ANPA disponible:

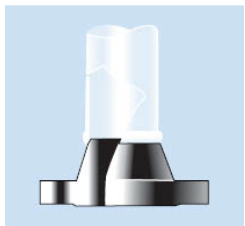



$$ANPA\ disponible = \frac{101000Pa - 13000Pa}{942,1\ \frac{kg}{m^3} * 9,81\ \frac{m}{s^2}} + 0,25m - 0,1m$$



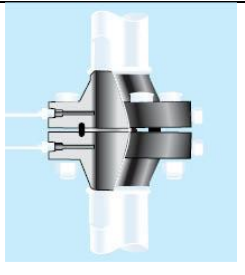
$$ANPA \text{ disponible} = 9,7 \text{ m}$$

$$ANPA \text{ disponible} = 9,7 \text{ m}$$

“Como conclusión, siempre que operemos a presiones superiores a: 13000Pa y con un ANPA disponible de 9,7 metros la bomba no cavitará”

5.8.3.5 Bridas del sistema de cañerías

	<p><u>Brida con cuello:</u> estas tienen un cuello largo cónico que va soldado a la tubería, este tipo de son de gran utilidad en aplicaciones donde se requieren alta presión y temperatura. El diámetro interior del tubo es igual que el de la brida, esta característica proporciona un conducto de sección prácticamente constante, sin posibilidades de producir turbulencias en los gases o líquidos que por el circulan.</p>
	<p><u>Brida deslizante:</u> Estas se deslizan sobre el extremo de la tubería y se sueldan en su lugar. Son más fáciles de instalar, pero tienen una capacidad de presión inferior.</p>
	<p><u>Brida ciega:</u> estas se utilizan para cerrar el extremo de una tubería o sistema de tuberías. No tienen un orificio en el centro y se utilizan en situaciones donde se van requerir un acceso en una instalación futura.</p>
	<p><u>Brida con asiento para soldar:</u> Su mayor rango de aplicación radica en tuberías de dimensiones pequeñas que conduzcan fluidos a altas presiones. De allí que las normas. ANSI B16.5 aconsejan su uso en tubos de hasta 3" de diámetro en las series 150, 300, 600, y de hasta 2 ½" en la serie 1500. En estas bridas el tubo penetra dentro del cubo hasta hacer contacto con el asiento, que posee igual diámetro interior que el tubo, quedando así un conducto suave y sin cavidades. La fijación de la brida al tubo se realiza practicando un cordón de soldadura alrededor del cubo. Es frecuente el uso de estas bridas en tuberías destinadas a procesos químicos, por su particular característica de conceder al conducto una sección constante.</p>

	<p>Brida roscada: Si bien presentan la característica de no llevar soldadura –lo cual permite un fácil y rápido montaje- deben ser destinadas a aplicaciones especiales (por ejemplo, en tuberías donde existan altas presiones y temperatura ambiente). No es conveniente utilizarlas en conductos donde se produzcan considerables variaciones de temperatura, ya que, por efectos de la dilatación de la tubería, pueden crearse pérdidas a través del roscado al cabo de un corto período de trabajo.</p>
	<p>Brida de solape: Estas bridas se utilizan en combinación con una brida ciega o deslizante. Permiten un fácil montaje y desmontaje de la tubería. Son bridas destinadas a usos muy particulares. Ellas producen el esfuerzo de acople a sectores de tubos solapados, que posteriormente se sueldan a los tubos que conformarán la línea. La capacidad de absorber esfuerzos, puede considerarse muy similar a la de las bridas deslizantes. Estas se utilizan en sistemas existe frecuentes desmontajes para inspección o limpieza.</p>
	<p>Bridas de orificio: Están destinadas a ser colocadas en puntos de la línea donde existen instrumentos de medición. Son básicamente iguales a las bridas con cuello para soldar, deslizantes o roscadas; la selección del tipo en función de las condiciones de trabajo de la tubería. Radicalmente tienen dos agujeros roscados para conectar los medidores.</p>

Clasificación de tipos de bridas de acuerdo a la norma ASME, esta tiene en cuenta los siguientes parámetros para su correcta selección: Diámetro nominal de la cañería (NPS), la presión y temperatura de trabajo de la brida.

Con respecto a la presión las bridas se clasifican en clases de presión, las más comunes son: 150, 300, 600, 900, 1500 y 2500. Cuanto mayor es la clase mayor será la presión que soportará la brida.

Con respecto a su diseño, las bridas pueden ser:

Las bridas más apropiadas para el sistema descrito en esta sección serían *las bridas con cuello* (para el tramo d-B, de alta presión) y *las bridas con asiento para soldar* (para el tramo A-s, de baja presión). Esta selección es debida a las siguientes características:

- la tolerancia a presiones y temperaturas elevadas.
- las uniones que se obtienen con estas son superficies son constantes y lisas haciéndolas adecuadas para el transporte de glicerina grado USP.

La diferencia del tipo de brida para el tramo de baja y alta presión, solo se debe al costo de instalación y resistencia de las bridas seleccionadas, por ello se consideró adecuado que las bridas de menor costo se instalen en el tramo donde la presión no es elevada. El tipo de material de las bridas será de acero inoxidable 316L, de igual calidad que las tuberías.

La Norma ASME B16.5 Nos dará los lineamientos para poder especificar de forma correcta las bridas requeridas para el tramo de cañería que abarca este isométrico. Para ello necesitaremos

La siguiente información del sistema:

Diámetro nominal de la cañería (NPD) en mm (in)	25 (1) "en A-s" y 31,8 (1 ¼) "en d-B"
Presión de diseño tramo A-s (Baja Presión) kPa (psi)	4800 (750)
Presión de diseño tramo d-B (Alta Presión) kPa (psi)	101,3 (15)
Temperatura de operación °C (°F)	220 (428)

Primer paso: Definir la clase de la brida que se necesita en el sistema de cañería que se está diseñando. Necesitamos para esto las condiciones y el diámetro nominal de las tuberías del sistema. Para los tubos del tramo A-s el diámetro nominal de las tuberías son de 1 in, para el tramo de tubos d-B el diámetro nominal es de 1 ¼ in. Con esta información utilizamos la tabla siguiente, proporcionada por la norma.

Pressure Rating of ANSI B16 5 flange:

ANSI Class	150	300	400	600	900	1500	2500
Temperature oF	Maximum Allowable Non-Shock Pressure PSIG						
-20 to 100	285	740	985	1480	2220	3705	6170
200	260	680	905	1360	2035	3395	5655
300	230	655	870	1310	1965	3270	5450
400	200	635	845	1265	1900	3170	5280
500	170	605	805	1205	1810	3015	5025
600	140	570	755	1135	1705	2840	4730
650	125	550	730	1100	1650	2745	4575
700	110	530	710	1060	1590	2655	4425
750	95	505	675	1015	1520	2535	4230
800	80	410	550	825	1235	2055	3430
850	65	320	425	535	640	955	2655
900	50	230	305	460	690	1150	1915
950	35	135	185	275	410	685	1145
1000	20	85	115	170	255	430	715

Esta tabla, permite definir la clase de la brida que es adecuada para tolerar las presiones que la línea A-B trabaja. La tabla muestra una relación entre temperatura y presiones que tolera cada clase de brida. Notar que cuanto mayor es la temperatura en una misma clase de brida la presión que tolera esta es menor. Por otro lado, cuanto mayor es el número de clase de brida, para un mismo valor de temperatura, mayor es la presión que tolera.

Veremos a continuación, que clases de bridas le corresponden a nuestro sistema de tuberías.

Para el tramo de tubos A-s: Temperatura de 220°C (428°F) y presión de diseño de 151,5 kPa (22,0 psi), tomamos la Fila de T= 500°F y la columna de brida clase 150 donde la presión admisible es de 170 psi (mayor a 14,6 psi).

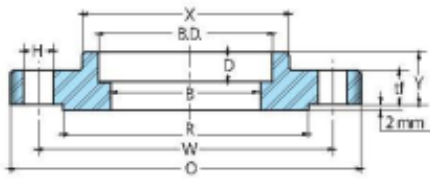
Para el tramo de tubos d-B: Temperatura de 220°C (428°F) y presión de 5280 kPa (765 psi), tomamos la Fila de T= 500°F y la columna de brida clase 400 donde la presión admisible es de 850 psi (mayor a 765 psi).

Aclaración: La temperatura de operación es de 428°F (220°C), como este valor no está tabulado, se opta por tomar de 400°F y 500°F (la información a esta temperatura se encuentra tabulada) el valor más alto como referencia, o sea el de 500 °F.

Las bridas empleadas para el tramo de tubo A-B en el isométrico son:

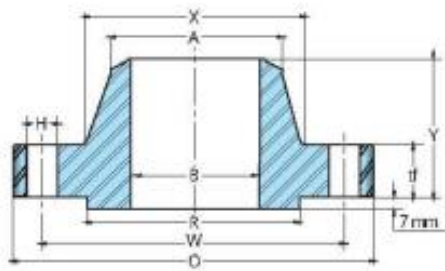
- Bridas de asiento para soldar clase 150 de acero inoxidable (Zona de baja presión).
- Bridas con cuello clase 400 de acero inoxidable (Zona de alta presión).

Especificación de bridas de asiento para soldar Clase 150.

BRIDA	Dimisiones (mm) para DN: 1 in
 <p>Con Asiento para Soldar SW</p>	O: 110
	W: 79,4
	R: 50,8
	B: 26,6
	H: 15,9
	B.D: 34,5
	D: 13,0
	Y: 16,0
	tf: 14,3
	X: 49,0

Peso de brida: **0,9 kg**

Especificación de brida con cuello Clase 400 (para menores a DN 3 ½ se utiliza clase 600)

BRIDA	Dimisiones (mm) para DN: 1 ¼ in
 <p>Con Cuello para Soldar WN</p>	O: 135
	W: 98,4
	R: 63,5
	B: 22,8
	H: 19,1
	A: 42,2
	Y: 67,0
	tf: 20,7
	X: 64,0

Peso de brida: **3,0 kg.**

Esta información de dimensiones de Bridas se extrajo de catálogo de fabricante: HARDVAL S.A.

5.8.4 Selección de la bomba

Para este servicio, investigamos las posibilidades disponibles dentro de las aplicaciones industriales.

Bombas centrífugas.

La bomba centrífuga, es el tipo de bomba que se utiliza más dentro de la industria química para transferir líquidos de todos los tipos, así como también para los servicios generales de abastecimiento de agua, entre otros servicios. Las ventajas primordiales de una bomba centrífuga son la sencillez, el bajo costo inicial, el flujo uniforme (sin pulsaciones), el pequeño espacio necesario para su instalación, su bajo costo de mantenimiento, el funcionamiento silencioso y su capacidad de adaptación para su empleo con unidad motriz de su motor eléctrico o de turbina.

Una bomba centrífuga en su forma más simple consiste en un impulsor que gira dentro de una carcasa. El impulsor consta con cierta cantidad de hojas, ya sea abierta o resguardadas, montadas sobre un árbol o eje que se proyecta la exterior de la carcasa. Los impulsores pueden tener ejes de rotación horizontal o vertical, para adaptarse al trabajo que se vaya a realizar. Por lo común, los impulsores resguardados o de tipo cerrados, suelen ser más eficientes. Los impulsores del tipo abierto o semiabierto se emplean para líquidos viscosos o que contengan materiales sólidos, así como también en muchas bombas pequeñas, para servicios generales. Los impulsores pueden ser del tipo de succión simple; si entra solo, por un lado, o doble; si entra el líquido por dos lados.

Las carcasas son de tres tipos generales, pero consiste siempre en una cámara en la que gira el impulsor, con una entrada y salida para el líquido que se bombea. La forma más simple de las carcasas es la circular, que consiste en una cámara angular en torno al impulsor; no se ha hecho ningún esfuerzo por superar las pérdidas debido a los choques y remolinos que se producirán cuando entre en la cámara el líquido que sale del impulsor con velocidades relativamente elevadas. Es raro que se utilicen estas carcasas.

Las carcasas de volutas en espiral toman esa forma, con un área de sección transversal creciente al acercarse a la salida. Las volutas convierten eficientemente la energía de velocidad que el impulsor imparte al líquido en energía de presión.

En las bombas de turbina o de tipo de difusor se utiliza un tercer tipo de carcasa. En este último, se interponen difusores o paletas de guía entre el impulsor y la cámara de la carcasa. En las bombas

de este tipo que están bien diseñadas, las pérdidas son mínimas y la eficiencia se puede ampliar en un amplio rango de capacidades. Esta construcción se utiliza con frecuencia en las bombas de etapas múltiples y cargas elevadas.

A continuación, mostramos distintos recortes de gráficas que muestran lo siguiente;

- Figura 6.6: Diagrama de una bomba centrífuga simple
- Figura 6.7: Acción de una bomba centrífuga: Se muestra una curva típica de una bomba centrífuga. Es importante observar que, a cualquier velocidad fija, la bomba funcionará a lo largo de esa curva y no de otros puntos.
- Figura 6.8: Curva característica de una bomba centrífuga.

Acción de una bomba centrífuga En forma esquemática se puede mostrar la acción de una bomba centrífuga por la figura 6-6. Se aplica potencia de una fuente exterior al eje A, que hace girar el impulsor B dentro de la carcasa estacionaria C. Las hojas del impulsor al girar producen una reducción de presión a la entrada u orificio del impulsor. Esto hace que fluya líquido al impulsor desde la tubería de succión D. Este líquido se ve obligado a salir a lo largo de las paletas a velocidades tangenciales crecientes. La carga de velocidad que adquiere al salir de las puntas de las paletas, se convierte en carga de presión conforme pasa el líquido a la cámara espiral y, de esta última, a la descarga E.

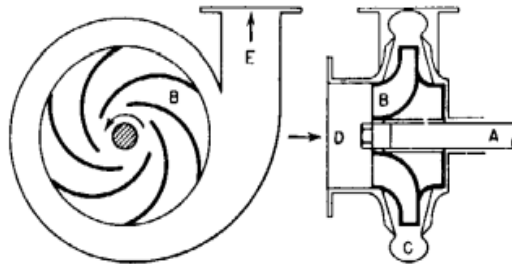


FIG. 6-6 Diagrama de una bomba centrífuga simple.

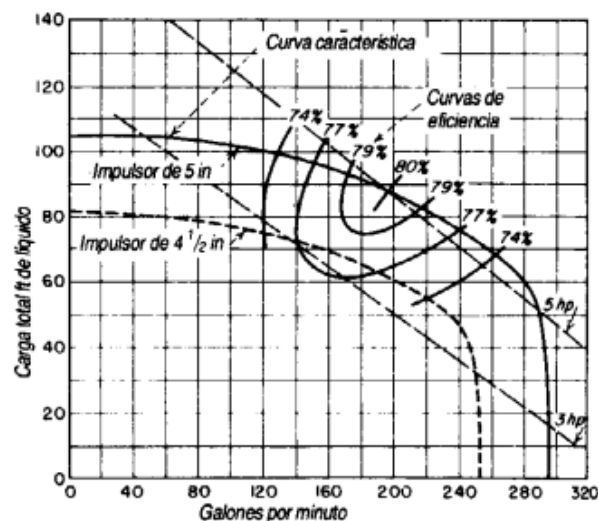
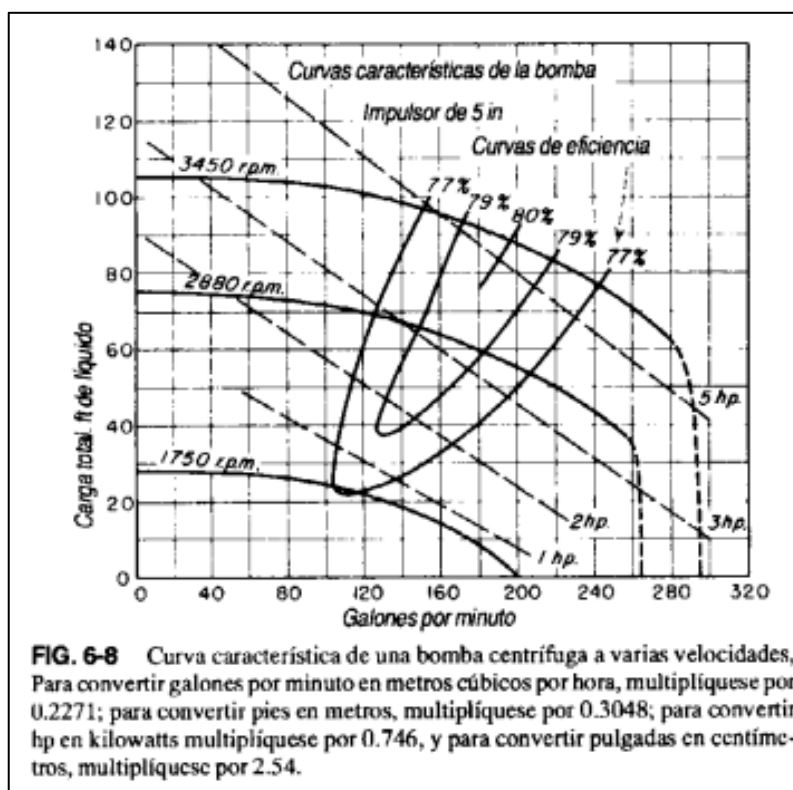


FIG. 6-7 Curva característica de una bomba centrífuga operando a una velocidad constante de 3450 rpm. Para convertir galones por minuto en metros cúbicos por hora, multiplíquese por 0.2271; para convertir pies en metros, multiplíquese por 0.3048; para convertir hp en kilowatts, multiplíquese por 0.746, y para convertir pulgadas en centímetros, multiplíquese por 2.54.



**Referencias y datos extraídos de Manual de Ingeniero químico – Perry*

Las bombas centrífugas de etapa simple existen en diferentes capacidades,

- **Bombas de proceso:** Este término se aplica en forma general en unidades sencillas montadas sobre pedestales con impulsores sobresalientes de succión sencilla y una caja de empaque sencillo también. Estas bombas se diseñan para facilitar del desmantelamiento y accesibilidad en el manejo, con sellos mecánicos y empaques, construidas especialmente para el manejo de líquidos corrosivos o difíciles de manejar. Los fabricantes construyen bombas de proceso horizontal y vertical en forma específica, pero no exclusiva para la industria química.
- **Sellado de bombas químicas centrífugas:** Aun cuando el sellado de los ejes se verá detalladamente en la subsección “sellado de ejes giratorio” vale la pena mencionar aquí los problemas especiales del sellado de las bombas químicas centrífugas. Las prácticas actuales exigen que las cajas de embalaje se diseñen para recibir tanto sellos mecánicos como de empaque. Con cualquier tipo de sello, una de las consideraciones de importancia primordial en los servicios químicos es que los líquidos presentes en las superficies de sellado no contengan sólidos. En consecuencia, es necesario proporcionar un líquido secundario compatible para enjuagar el sello o el empaque siempre que el líquido manejado no esté absolutamente limpio.

El empleo de empaques requiere el escape continuo de líquido, con objeto de minimizar y eliminar el calor friccional generado. Si el líquido efluente es tóxico o corrosivo, en lo general se emplean collarines atenuadores o bandejas de recolección.

Aunque los empaques pueden ajustarse mientras funciona la bomba, en el sello mecánico una fuga requiere poner fuera de operación la bomba para corregir el defecto. Si se tiene un sellado adecuado y se da mantenimiento constante, el sello mecánico no presentará fugas visibles. En general, debido a su eficacia, los sellos mecánicos, aplicados adecuadamente, están logrando día a día aceptación general.

- Bombas de succión doble, de etapa simple: Estas bombas se emplean para servicios generales de circulación y abastecimiento de agua y para servicios químicos de manejo de líquidos no corrosivos para el hierro y el bronce. Estas unidades se fabrican con hierro, bronce y hierro con accesorio de bronce. Otros materiales aumentan los costos y, cuando se requieren las bombas químicas estándar suelen resultar más económicas.

Bombas centrífugas multietapa.

Estas bombas se utilizan en forma general, para servicios donde se requieren cargas (presiones) mayores que las generadas por una bomba de impulsor simple. Todos los impulsores se encuentran dispuestos en serie y el líquido pasa de un impulsor al otro y finalmente pasa a la descarga de la bomba. La carga total de estas condiciones será la suma de las cargas o presiones de los impulsores individuales. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son las de pozo profundo, las bombas para suministro de agua a alta presión, la de alimentación a quemadores o calderas, aquellas contra incendios y las de carga a procesos de refinerías.

Las bombas multietapas pueden ser del tipo voluta, con impulsores de etapa simple o doble o del tipo difusor; pueden tener carcasas horizontales separadas, o cuando la presión es extremadamente alta, 20 a 40 MPa, una carcasa exterior tipo barril con carcasas internas de dimensiones menores, para los difusores, pasajes internos, etc.

Bombas de desplazamiento positivo.

Mientras que la carga dinámica total desarrollada por una bomba centrífuga de flujo axial o mixto se ve determinada exclusivamente para cualquier flujo dado a la velocidad a la que gira, las de desplazamiento positivo y las que se aproximan al desplazamiento positivo, producirán de maneja ideal cualquier carga que se les imponga mediante restricciones al flujo en el lado de la descarga.

En realidad, desdénando las pérdidas, la carga máxima obtenible se ve determinada por la potencia disponible en el mecanismo de propulsión y la resistencia de las piezas de la bomba. Se coloca generalmente en el lado de la descarga de todas las bombas de desplazamiento positivo una válvula automática de alivio que abre cuando se exceda la presión normal de trabajo o la presión máxima de descarga.

En general, las eficiencias generales de las bombas de desplazamiento positivo son más elevadas que las de los equipos centrífugos, porque se minimiza las pérdidas internas. Por otra parte, la flexibilidad de cada unidad para el manejo de una gama amplia de capacidades se ve limitada, hasta cierto punto.

Las bombas de desplazamiento positivo pueden ser del tipo reciprocante o rotatorio, en todas las bombas de desplazamiento positivo, una cavidad o cavidades están alternativamente llenas y vacías de fluido bombeado.

Bombas reciprocantes o de movimiento alternativo; existen tres tipos, las de pistón, las de émbolo y las de diafragma. En general, la acción de las piezas de transferencia del líquido en esas bombas es la misma, puesto que se hace que avance y retroceda en una cámara un pistón cilíndrico, un émbolo o un diafragma redondo. El dispositivo va equipado con válvulas para la entrada y la descarga del líquido que se bombea y el funcionamiento de dichas válvulas se relaciona de manera definitiva con los movimientos del pistón. Las válvulas de succión y descarga de todas las bombas reciprocantes de diseño moderno son operadas por diferencia de presión; es decir, cuando la bomba está en su etapa o carrera de succión y la cavidad de la bomba está aumentando de volumen, su presión disminuye, dentro de la cavidad permitiendo que la presión de succión más alta abra la válvula de succión, con lo que se inicia la admisión del líquido dentro de la bomba. Al mismo tiempo que sucede esto, la mayor presión en la línea de descarga mantiene la válvula cerrada. De manera similar, en la etapa de descarga, cuando la cavidad de la bomba decrece en volumen, la presión máxima desarrollada en la misma mantiene cerrada la bomba de succión y abierta la de descarga, para expulsar el líquido de la bomba hacia la línea de descarga.

Eficiencia total

La eficiencia total de estas bombas varía entre el 50% para bombas pequeñas hasta aproximadamente el 90% o más para las de mayor dimensión.

Las bombas reciprocantes, excepto cuando se emplean para servicios de medición, suelen contar con cámaras de gas en el lado de la descarga, con objeto de determinar su ubicación y dimensiones

más eficaces. Si se utilizan cámaras de agitación se debe tener las precauciones adecuadas para mantener la cámara cargada con gas. Una cámara de agitación llena con líquido no tiene validez. También es adecuado contar con un indicador de nivel de líquido, con objetivo de verificar la cantidad de gas en la cámara.

Bombas de Pistón: Existen 2 tipos.

- Las bombas simplex de acción doble: Puede ser de acción directa (o sea, conectadas directamente a un cilindro de vapor) o de impulso de potencia 8 mediante la leva y el volante acoplados a la cruceta de una máquina de vapor)
- Las dúplex de acción doble: Estas bombas difieren primordialmente de las simplex porque tienen 2 cilindros de agua se encuentra coordinado. Estas bombas pueden ser de acción directa impulsadas por vapor o impulsadas mediante la potencia por un motor, mediante levas y volante.
- Existen bombas con uno, dos, tres, cuatro, cinco o más cilindros. Con frecuencia se construyen unidades simplex y dúplex en diseño horizontal. Las de tres o más cilindros suelen ser de diseño vertical. La unidad motriz puede ser una turbina de vapor, un motor eléctrico, una máquina de vapor o de gas. Se trata del tipo común de una bomba de potencia.

Bombas de diafragma.

Funcionan de manera similar a las de pistón y émbolo. Su construcción es diferente, debido a que el miembro impulsador de movimiento alternativo o reciprocante es un diafragma flexible fabricado de metal, caucho o material plástico. La ventaja principal de este dispositivo es la eliminación de todos los sellos y empaques expuestos al líquido bombeado. Por supuesto, ésta es una ventaja importante en los equipos que deben manejar líquidos tóxicos o peligrosos.

Las bombas de diafragma de funcionamiento neumático no necesitan otra fuente de potencia que la del aire comprimido de la planta. Esas bombas deben tener una succión sumergida y, por supuesto, la presión se limita a la del aire disponible. Debido a su baja velocidad, y sus grandes válvulas, este tipo es muy apropiado para el manejo suave de líquidos, cuando se desee evitar la degradación de sólidos suspendidos.

Una de las consideraciones más importantes en la aplicación de las bombas de diafragma es la que de que es probable que, con el tiempo, se presenten fallas en el diafragma. Las consecuencias de esas fallas se deben evaluar de manera realista antes de escoger ese tipo de bomba y establecerse, en consecuencia, los procedimientos de mantenimiento.

Bombas rotatorias.

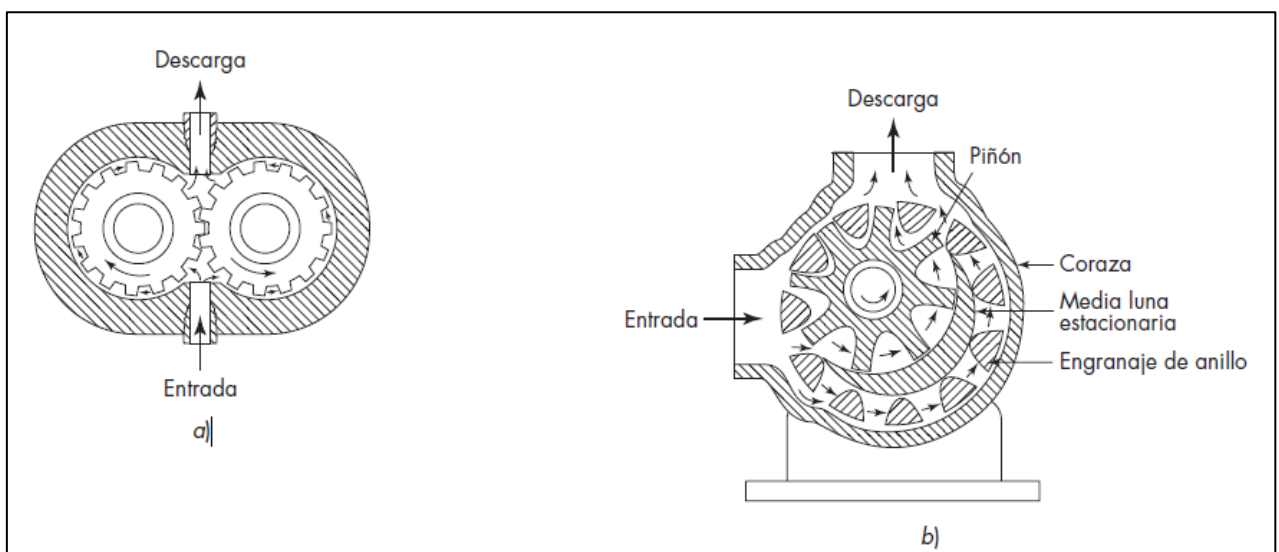
Una gran variedad de bombas rotatorias de desplazamiento positivo está disponible: como bombas de engranaje, de lóbulo, de tornillo, de leva y de aspa.

A diferencia de las bombas reciprocantes, las bombas rotatorias no contienen válvulas de retención. Cuanto menor sea la tolerancia entre las partes móviles y las estacionarias, las fugas se minimizan desde el espacio de la descarga hacia el espacio de la succión; pero esto también limita la velocidad de operación. Las bombas rotatorias operan mejor en fluidos limpios y moderadamente viscosos, tales como el aceite lubricante ligero. Se operan con presiones de descarga superiores a 200 atm.

En las bombas de engranajes, de acuerdo a la disposición de los engranajes, estas se clasifican en:

Bombas de engranaje cilíndrico: Consta de engranajes que giran con buen ajuste dentro de la coraza. El líquido entra a la línea de succión por la parte inferior de la coraza, es atrapado en los espacios que existen entre los dientes y la coraza y circula hacia la parte superior de la misma, y finalmente es lanzado hacia la línea de descarga. El líquido no puede volver a la cámara de succión debido al estrecho ajuste de los engranajes en el centro de la bomba.

Bomba de engranaje interno: Consta de una coraza, dentro de la cual hay un engranaje cilíndrico o piñón que engrana o ajusta con un engranaje de anillo. El engranaje de anillo es coaxial con el interior de la coraza, pero el piñón, que es movido desde el exterior, está montado excéntricamente con respecto al centro de la coraza. Una media luna metálica estacionaria llena el espacio que existe entre los dos engranajes. El líquido es transportado desde la entrada hasta la descarga por ambos engranajes, en los espacios que hay entre los dientes del engranaje y la media luna. Se puede apreciar ambos diseños de bombas a continuación.



Donde:

- a) Bomba de engranaje cilíndrico
- b) Bomba de engranaje interno.

Conclusión:

De las Bombas descriptas en este apartado, podemos seleccionar para nuestro proceso:

- Bombas reciprocantes: una bomba de diafragma.
- Bombas centrifugas: una bomba centrifuga multietapa (con 2 o más impulsores)
- Bombas rotatorias: una bomba de engranajes cilíndricos.

De estas tres opciones la selección final de bomba se realizará bajo los siguientes criterios.

1. Que desarrollen la carga necesaria para el sistema de cañería aquí descripto. Esto quiere decir impulse la glicerina a la presión que nuestro sistema solicita (48 bar).
2. Simpleza de la bomba, se seleccionará aquella bomba que su diseño y funcionamiento sea simple y no implique un funcionamiento complejo, debido a que las partes que la constituyen sean complejas.
3. Que pueda trabajar bajo las condiciones de proceso en régimen continuo.
4. El costo de instalación y mantenimiento sea bajo.
5. Que la bomba garantice inocuidad, dado que impulsa un líquido grado USP.

Las tres bombas serían capaces de impulsar la glicerina a alta presión. Pero la bomba de diafragma es una bomba de desplazamiento positivo que no se adaptaría de forma simple al régimen continuo del proceso. Estas generan pulsos, provocando variaciones de caudal que pueden generar inconvenientes en los sistemas de control en el reactor y afectar la calidad de los productos obtenidos en el mismo.

Por otro lado, las bombas de diafragma son de uso general de las industrias farmacéutica y alimenticia dado que, frente a otras bombas de uso industrial, sus características brindan un grado de inocuidad bastante grande. Sin embargo, en este caso no consideraremos la bomba de diafragma para este servicio, porque la complejidad que esta agrega al sistema por su funcionamiento recíprocante, que con lleva a usar sistemas de control más complejos para eliminar la perturbación generada por la misma, esto implica un mayor costo operativo. Además, no es un factor demasiado crítico, mantener estrictamente la inocuidad, dado que las condiciones de

proceso en esta parte de sistema son de elevadas temperaturas que favorece a que el producto en el sistema se mantenga estéril.

Dado la alta presión en la línea se debe emplear una bomba centrífuga multietapa con al menos 2 o más impulsores para garantizar la presión de 48 bar (552,2m de altura), una bomba centrífuga simple no puede impulsar el fluido a esa presión. El aumento del número de impulsores de una bomba con lleva a un aumento de su costo, dado que los componentes internos son de acero inoxidable. Esta resulta ser un dispositivo más complejo por lo tanto su operación y mantenimiento también. Por lo tanto, no la será considerada viable para uso en el sistema.

La bomba de engranajes surge como una buena opción dado que es una bomba simple y robusta para impulsar fluidos a alta presión y demás de fluidos viscosos. Dada su simpleza y su operación en régimen continuo esta bomba implica costos de mantenimiento y operación viables más bajos en relación a las otras bombas.

Por lo tanto: “la bomba de engranajes es la bomba seleccionada para impulsar la glicerina al reactor por las características ya mencionadas”.

5.8.5 Información de Fabricantes de bombas de engranajes

Producto: Bombas Rotativas a engranajes modelo “BER”

Fabricante: Marzo

Generalidades

*Se utilizarán para el bombeo de líquidos viscosos, como petróleo crudo, fuel oil, gas oil, Diésel oil, aceites minerales, vegetales, aceites sintéticos, grasas, **glicerina**, resinas, etc. Nuestras bombas son sometidas a ensayos de rodado, funcionamiento y prueba hidráulica para garantizar su rendimiento. Para identificar fácilmente el tipo de máquina se estampa a percusión el modelo de la bomba y número en chapa característica. Estos datos se deben tener en cuenta por consultas referentes a condiciones de trabajo y pedidos de repuestos.*

Descripción

Las bombas BER están diseñadas para trabajar con accionamiento directo de motores eléctricos asíncrono a 750, 900 o 1450 r.p.m. Se pueden accionar también con reductores o moto reductores. Su diseño y construcción les permite impulsar todo fluido con cierto poder lubricante y libre de

sólidos. Se debe tener en cuenta que todo producto abrasivo provocará un desgaste prematuro de la bomba. Los caudales indicados en la tabla de rendimiento son válidos para aceites o líquidos lubricantes con viscosidades de hasta 7000 SSU. Para líquidos menos viscosos de hasta 2000 SSU. Se las eligen según la tabla para 1450 r.p.m. mientras que para los más viscosos se utiliza la tabla de 900 r.p.m.

Construcción

En construcción estándar se utilizan los siguientes materiales:

- Cuerpos y tapas de hierro fundido, material colado según norma DIN, ASTM o SAE. Su mecanizado incluye superficies de cierre lateral rectificadas o pulidas, garantizándose así hermeticidad absoluta aún sometida a altas presiones.
- Ejes de acero al cromo-níquel 4140 nitrurados y rectificados.
- Engranajes de acero al cromo-níquel 4140 rectificados y fresados en forma helicoidal doble helicoidal o rectos según la necesidad.
- Cojinetes de Metal Blanco, Bronce SAE. 64, SAE 67, vesconite, carbón graphite, rodamientos tipo NU o agujas según servicio. Con lubricación forzada por el mismo líquido.
- Platinas de rozamiento lateral en materiales acordes al servicio.

También se pueden proveer en aceros especiales, fundición nodular, bronce, o **acero inoxidable**.

- Caja prensa estopa de gran profundidad, conteniendo empaquetadura grafitada o especial, de acuerdo con el líquido a bombear y a la temperatura. También se proveen a pedido con sello mecánico. La caja prensa y bujes están provistos de perforaciones que aseguran una perfecta recirculación de líquidos a fin de obtener la estanqueidad de los prensaestopas y de la lubricación de los cojinetes. Nuestras bombas rotativas a engranajes están preparadas para colocar válvulas de sobrecarga o bypass.

Instalación

Generalmente y formando parte de nuestro suministro, entregamos bombas y motores normalizados acoplados sobre base de hierro, con acoplamientos acordes a las condiciones de servicio y protecciones debidamente abulonadas y alineadas, no obstante para evitar tensiones provocadas por desalineamiento que se puede producir durante el transporte o durante la fijación de la placa base y el montaje de las cañerías de aspiración o impulsión se recomienda controlar la alineación del conjunto antes de su puesta en marcha. Hacemos notar que en el caso de que el usuario coloque los acoplamientos no deberá efectuarlo mediante golpes.

Las bombas modelo BER deben ser instaladas proveyéndoles de válvula de retención o de pie y de filtros para impedir la entrada de sólidos e impurezas a través de la cañería de aspiración tratándose de líquidos muy viscosos hay que instalar la bomba en tal forma que el líquido entre con carga, a fin de evitar que la gran viscosidad, dificulte la succión.

Se aconseja diseñar y proveer cañerías de aspiración con diámetros amplios, aproximadamente tres veces el orificio de la bomba en los tamaños hasta 2", y dos veces en los tamaños mayores. También la cañería de descarga debe ser considerada ampliamente en su diámetro, cuando se trata de trayectos muy largos.

Sí en el resto de la instalación o en la cañería de impulsión, se colocan válvulas esclusas para estrangular la cantidad de líquidos o derivarlo, se deben colocar válvulas de seguridad o retorno, para evitar presiones excesivas por falsas maniobras.

Durante el tiempo de instalación y hasta la conexión definitiva de las tuberías, la bomba debe mantenerse tapada en los orificios de carga y descarga, a fin de impedir la entrada de cuerpos extraños a la caja de engranajes. Previo a la puesta en marcha todas las cañerías se deben lavar y revisar cuidadosamente para eliminar gotas de soldadura, escamas y otras impurezas que dañarían severamente al equipo.

Servicio de puesta en marcha

Una vez instalado el equipo y antes de probar el sentido de giro, debe llenarse la bomba con líquido, sin esta precaución, podría provocarse el engranaje total de las partes rotantes. Respecto al sentido de giro aclaramos que es horario, visto desde el accionamiento, y que ha pedido, podemos suministrarlas, para sentido inverso. Antes de arrancar, debe controlarse que la válvula de regulación en la descarga se encuentre abierta, para evitar sobrepresiones y carga excesiva en el motor, por mayor consumo. Luego de haber comprobado el sentido de giro, la correcta alineación y la conexión de tuberías libre de tensiones se puede poner en marcha el equipo.

Mantenimiento y repuestos

Nuestras bombas rotativas a engranajes requieren bajo mantenimiento, no obstante, es necesario realizar y tener en cuenta:

A) *Controlar el sonido de marcha, vibraciones y al ajuste de la empaquetadura por medio de la tuerca de presión, según el uso, se debe agregar periódicamente uno o más anillos de empaquetadura y luego repetir el paso anterior.*

B) *Controlar el desgaste de los elementos elásticos de los manchones de acoplamiento.*

C) *No efectuar A) y B) puede conducir a una prematura destrucción de las partes internas de la bomba, al tomar los bujes cojinetes un huelgo excesivo.*

Nota: el control de marcha del equipo también se puede efectuar a través de la lectura del: vacuómetro, manómetro, amperímetro y voltímetro, que se conectan al equipo motobomba.

Los repuestos que se recomiendan para mantener un servicio por mayor tiempo en óptimas condiciones a las bombas modelo BER son:

Un juego completo de bujes cojinetes, eventualmente y de acuerdo con el grado de impurezas abrasivas que contenga el líquido bombeado, será necesario también un juego completo de ejes con engranajes.

Probables averías—Desarme—Comprobación

Si se detecta una disminución del caudal o de la presión, que no se deba a causa de disminución de la velocidad por problemas eléctricos, proceder a:

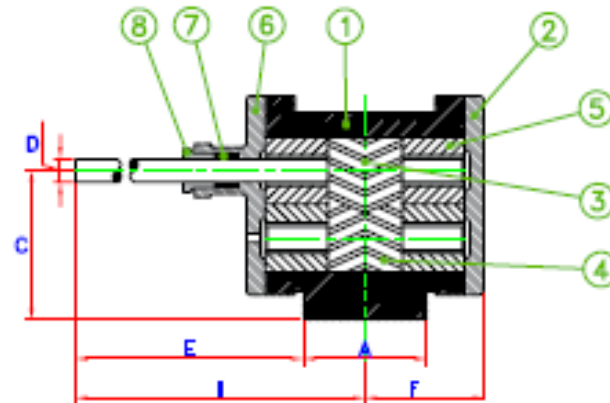
- 1. Verificar la regulación de la válvula de By-Pass que, debido a vibraciones, pueda haberse desajustado.*
- 2. De no obtener resultados, si el periodo de garantía esta vencido, se puede desarmar la válvula, controlando si no se encuentra trabado el pistón o resorte, elementos que pueden afectarse por el uso o la acción abrasiva de sustancias contenidas en el líquido bombeado. De no ser así, descartar la válvula como elemento supuesto de avería.*
- 3. En tal caso, y siempre que, accionado el eje de mando con la mano desde el manchón de acoplamiento, se note un excesivo huelgo del conjunto interior o que se note que está trabado, proceder a retirar la tapa del cuerpo de bomba, lado exterior, y contraria al motor u otro medio de accionamiento.*
- 4. Se aflojan y retiran las tuercas de fijación y tomando la tapa con una mano, se hace un esfuerzo de extracción, ayudándose con golpes de una maza de madera o martillo de plástico sobre la misma.*

Una vez retirada la tapa exterior, fácilmente se puede comprobar lo siguiente:

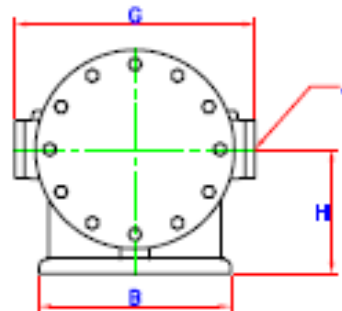
- Si existen elementos o cuerpos extraños que provocaron un trabado o mal engranaje de los ejes, o empastamiento.*
- Si no fuera así, procédase a retirar el engranaje conducido de eje corto. Con este elemento a la vista, se comprobará inmediatamente si la disminución del caudal o de la presión, se debe a un excesivo huelgo del eje en los bujes cojinetes y del diámetro exterior de los engranajes en la caja de presión.*

Garantía: *Es de 1(un) año, y el certificado se entrega adjunto a estas instrucciones.*

Ficha del proveedor



N°	Descripción
1	cuerpo
2	tapa cuerpo
3	eje y engranaje conductor
4	eje y engranaje conducido
5	bujes y portabujes-juego
6	tapa prensa estopa
7	empaquetadura
8	prensa estopa



Dimensiones exteriores en mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
BER- 1/2"	76	145	88	Ø16	160	70	175	70	205	Ø 1/2"
BER- 3/4"	76	145	88	Ø16	160	70	175	70	205	Ø 3/4"
BER- 1"(14)	76	145	88	Ø16	160	70	175	70	205	Ø 1"
BER- 1"(35)	76	145	95	Ø20	210	85	175	75	255	Ø 1"
BER- 1 1/4"	76	145	95	Ø20	210	85	175	75	255	Ø 1 1/4"
BER- 1 1/2"	120	160	125	Ø20	230	105	225	100	290	Ø 1 1/2"
BER- 2"	120	200	170	Ø28	255	110	250	130	315	Ø 2"

MARZO PUMPS SA

Bomba BER

MARZO PUMPS S.A.
 Zamudio 360 - B 1872 AYD - Sarandí, Avellaneda .Pcia. de Bs.As.
 Líneas rotativas, Teléfono y Fax : (011) 4203 - 3440
 ventas@marzopumps.com
 Visite nuestra Web : www.marzopumps.com
 Celular Corporativo : 154 408 1495



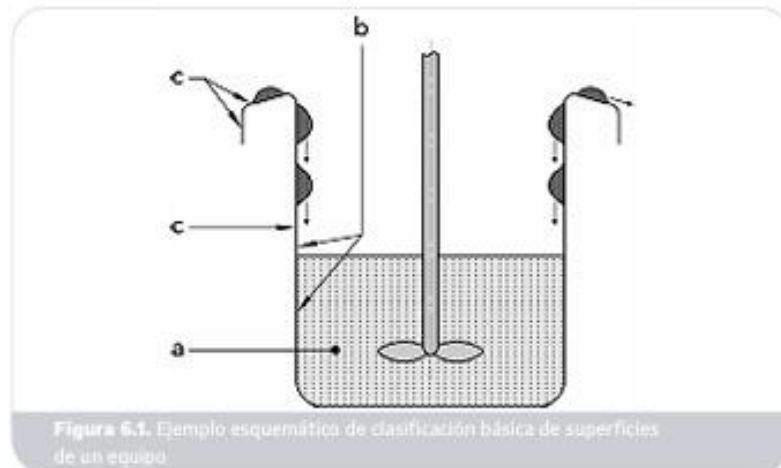
5.8.6 Consideraciones sobre arreglos generales, Tanques y tuberías sanitarias

Este tipo de productos fármaco/alimenticios debe manejarse bajo la observancia de ciertas normas referidas a la forma de construir los sistemas productivos necesarios para cumplir las normas GMP y de inocuidad del Propilenglicol. Aquí siguen las principales a considerar;

- ASTM / www.astm.org Sigla de Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (del inglés “American Society for Testing and Materials”). Desde su fundación en 1898, ASTM International es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias.
- AWS / www.aws.org Sigla de Sociedad Americana de Soldadura (del inglés “American Welding Society”). Su misión es desarrollar la ciencia, la tecnología y la aplicación de la soldadura y los procesos de unión y corte afines. Esta organización norteamericana publica normas, recomendaciones y realiza certificaciones relacionadas a las tecnologías de soldadura.
- EHEDG / www.ehedg.org/es/ Sigla de Grupo Europeo de Ingeniería y Diseño Higiénico (del inglés, “European Hygienic Engineering & Design Group”). Su objetivo es estimular la inocuidad y calidad alimentaria. Difunde, a través de guías técnicas, capacitaciones y certificación de componentes, aspectos relacionados con el diseño higiénico de equipos e instalaciones que procesan alimentos. En Argentina la representa el INTI. Contacto: ehedg@inti.gob.ar

Consideraciones generales de diseño

Estas consideraciones generales se aplican a todos los elementos fabricados e instalados y se deben considerar junto con los requisitos de componentes específicos. Se realiza una clasificación de las superficies de un equipo en función del contacto que tiene con el producto procesado.



Donde,

a: Producto

b: Superficie en contacto con el producto (SCP)

c: Superficie sin contacto con el producto (SSCP)

Para la definición de los requisitos de las soldaduras y la terminación superficial de su área adyacente, la superficie sin contacto con el producto (SSCP) a su vez se clasifica en “expuesta”, “remota” y “no expuesta”.

Superficies en contacto con el producto (SCP)

Requisitos básicos aplicables a las SCP (identificadas como b en la Figura 6.1) basado en guía EHEDG Doc. 8 (EHEDG Doc. 8):

- Todas las superficies interiores de la planta y de los equipos deben ser autodrenables para evitar que se acumulen productos o líquidos durante la operación o la limpieza. En superficies horizontales se requiere al menos una pendiente de 3° hacia el punto de drenaje.
- Se deben evitar las zonas muertas. En caso de que no se pueda evitar, en tuberías su longitud no debe ser superior a 1 diámetro del tubo.
- Las esquinas deben tener radios para facilitar el drenaje. Se recomiendan radios mayores a 6 mm. Se deben evitar esquinas agudas (<90°).
- Se deben evitar todas las características de diseño que creen una hendidura abierta al producto o una zona hueca adyacente al producto.

- Las roscas no deben entrar en contacto con el producto.
- El diseño de la planta o equipo debe garantizar que todas las superficies en contacto con el producto (SCP) sean fácilmente accesibles para su inspección, limpieza y mantenimiento. Cuando se considere necesario se deberán tomar medidas para retirar o exponer las piezas para su limpieza y/o inspección.
- Las uniones metal-metal deben estar continuamente soldadas.
- No se permite la unión metal-metal (excepto las soldadas). Se deben colocar juntas elastoméricas entre las partes metálicas desmontables.

Requisitos para recipientes o tanques:

- En tanques y recipientes el rociador que utiliza el CIP debe estar diseñado para garantizar que todas las superficies puedan limpiarse adecuadamente.
- Se deberá evitar que los accesorios salientes internos de la superficie del tanque o recipiente creen zonas de sombra, o generen sombras sobre sí mismas.
- Todas las tapas o cubiertas de acceso deben diseñarse de modo que cuando se abran, los contaminantes presentes en el exterior del equipo no puedan ingresar al equipo o a la instalación. Para permitir un completo drenaje del tanque, el punto de drenaje debe ser el punto más bajo del tanque.
- Evitar bordes de tanques que puedan retener suciedad.



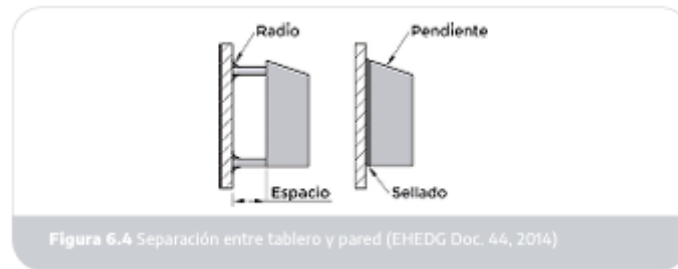
Superficies sin contacto con el producto (SSCP) Requisitos básicos aplicables a las SSCP

- Se evitarán las hendiduras y puntos o zonas donde pueda acumularse residuos.

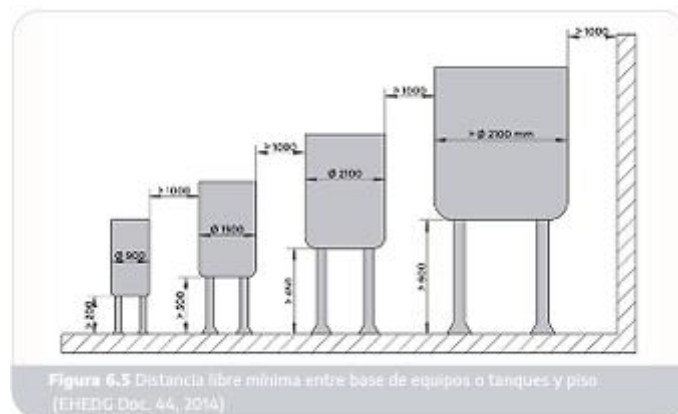
- El diseño debe garantizar que todas las superficies que no están en contacto con el producto se puedan limpiar fácilmente. Asimismo, durante la limpieza se debe evitar contaminar las superficies que están en contacto con el producto.
- Todas las superficies que no estén en contacto con el producto y las estructuras de soporte deben estar diseñadas para drenar el agua y prevenir cualquier riesgo de acumular suciedad o albergar plagas. Debe considerarse el drenaje de condensado cuando corresponda. Los flujos de drenaje deben alejarse de las zonas de producción.
- No son deseables las superficies horizontales.
- Se debe prestar especial atención al posicionamiento y orientación de formas tales como canales o ángulos y también a los cordones de soldadura salientes (EHEDG Doc. 44, 2014).
- Para controlar la "adherencia" de los materiales orgánicos, se pueden especificar parámetros de rugosidad de la superficie (Ra).



- La distribución de los equipos auxiliares y de servicios, relacionados al equipamiento principal y a las instalaciones de la planta, deben permitir una adecuada limpieza y mantenimiento. Las distancias entre equipos, y entre equipos y paredes, deben permitir un acceso adecuado para realizar tareas de limpieza e inspección.
- El equipo que no esté fijado a la pared debe colocarse a una distancia de al menos 600 mm de cualquier pared. Para equipos grandes, las distancias recomendadas entre equipos, suelo y pared son las indicadas en la Figura 6.5. Los tableros que estén fijados a la pared deben permitir una correcta limpieza entre la pared y la superficie del tablero. Esto se logra separando el fondo del tablero de la pared. En caso de que el tablero deba adherirse a la pared, se sellará perfectamente las superficies en contacto.



- Para permitir la limpieza e inspección, los tanques, recipientes o equipos que no estén fijados al piso o zócalo, deberán cumplir con el espacio libre mínimo entre su base y el piso según lo indicado en la Figura 6.5.



Generalidades.

Por diseño se establece un costo, un espesor de pared y un material de tubería acorde al sistema y al arreglo que garantice las normas mencionadas anteriormente. Quien diseñe las tuberías tendrá que elaborar una disposición económica de las mismas para el nuevo sistema (si hubiera una posibilidad) y no perder la observancia de los puntos desatacados a considerar.

Facilidad de Operación;

Los puntos de operación y control tales como aquellos donde están instalados válvulas, bridas, instrumentos, toma-muestras y drenajes, deben ser ubicados de modo que esas partes del sistema puedan ser operadas con mínima dificultad, de cómodo alcance y de manera óptima, tanto pensando en la optimización de recursos económicos, como de espacio.

Accesibilidad para mantenimiento;

El sistema de tubería deberá ser proyectado de manera tal que cada porción del sistema pueda ser reparado o reemplazado con mínima dificultad. Deben proveerse espacios libres, como, por ejemplo, en los cabezales o extremos de los intercambiadores de calor, carcasa y tubos. Se plantean como ideales las disposiciones de cañerías aéreas para facilidad en la operación.

Economía;

Deben llevar a cabo estudios de ruta de las tuberías, para determinar el trazado económico del sistema. Existe la tendencia frecuente de parte de algunos diseñadores a prever excesiva flexibilidad en los sistemas de tuberías. Esto puede incrementar los costos de material de fabricación más de lo necesario y algunas veces puede conducir a vibraciones excesivas en el sistema

Requerimientos Especiales de Proceso;

Para algunos sistemas de tuberías, la presión disponible es crítica, de modo que las pérdidas de presión por flujo debido a codos y otros accesorios en la línea deben ser minimizadas y previamente consideradas en los cálculos.

Minimizar los Extremos;

Los extremos muertos y bolsillos en las partes bajas de los sistemas de tubería deben ser evitados en lo posible. Esas partes ocasionan dificultades en el drenaje de los sistemas de tubería. Todos los extremos muertos en las partes bajas del sistema, así como los puntos altos, deben ser provistos de drenajes adecuados. Es fundamental para el mantenimiento de este proceso, la higiene de todo el circuito y contemplar las limpiezas.

Maximizar el Uso de Soportes Existentes;

Donde sea posible, la tubería debe tenderse sobre soportes existentes o extendidos de soportes existentes, con el fin de reducir costos de soportaría. La capacidad de carga de los soportes existentes debe ser evaluada, para asegurarse de que puede soportar la carga adicional de las tuberías nuevas.

Ampliaciones Futuras;

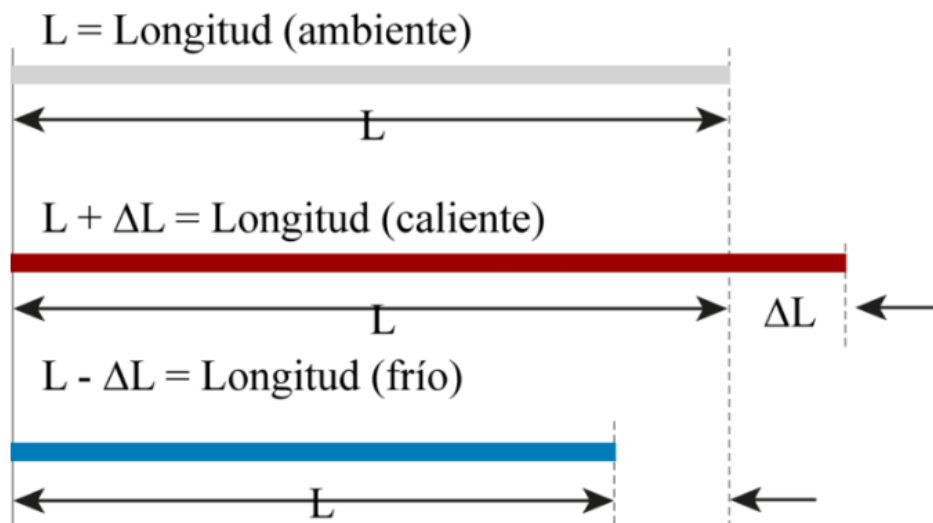
En el diseño de sistema de tubería deben hacerse consideraciones sobre la posibilidad de futuras ampliaciones

5.8.7 Separaciones para Expansión Térmica y dilatación de cañerías

Debe preverse la separación suficiente, entre tuberías adyacentes y entre una tubería y obstrucciones estructurales adyacentes, para tomar en cuenta la libre expansión térmica de la tubería. Las separaciones requeridas deben basarse en las máximas expansiones térmicas diferenciales aún bajo condiciones anormales.

La dilatación y contracción del tubo por variación térmica generan cargas axiales que pueden romper segmentos de tuberías o conexiones a equipos. Se debe contar con un método para controlar el movimiento generado y evitar roturas.

Si tomamos en cuenta la siguiente representación, se puede interpretar el fenómeno.



Todo cuerpo físico al que se le provoca un aumento de temperatura sufre cambios en sus dimensiones (dilataciones). Hay diferentes tipos de dilataciones, pero la que tiene especial importancia en las tuberías es la dilatación lineal.

La dilatación térmica lineal de las tuberías queda reflejada en la siguiente simple ecuación.

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

Donde,

- ΔL = Incremento de longitud (mm)

Propilenglicol



- α = Coeficiente de dilatación lineal del material (mm/m. °C)
- ΔT = Variación de temperatura (°C)
- L_0 = Longitud inicial (m).

Se considera la instalación de tubería en forma de omega para evitar, los efectos de la dilatación en las instalaciones descritas en el isométrico.

5.9 INSTALACION DE SERVICIOS AUXILIARES

Para una industria, es de suma importancia que el funcionamiento de un proceso sea óptimo y que la eficiencia del mismo sea máxima, para aprovechar lo mejor posible las materias primas y recursos empleados en el proceso.

Estos recursos incluyen servicios auxiliares que son necesarios para el funcionamiento de los equipos de proceso, y proveer estos servicios en una planta representa costos significativos para la empresa.

Los servicios auxiliares comprenden agua de servicio, agua blanda, agua potable, generación de vapor de agua, suministro de electricidad y gas.

5.9.1 Agua clarificada

El parque industrial de Ensenada cuenta con servicio de agua corriente, la cual se destina a uso general como por ejemplo laboratorio, oficinas y baños. El agua empleada en el proceso se obtiene de una perforación subterránea y es almacenada en un tanque cuya capacidad es suficiente para asegurar el suministro durante un día completo de trabajo.

En el proceso de elaboración de Propilenglicol USP, el mayor consumo de agua lo representan los intercambiadores de calor, además de los condensadores de las columnas de destilación.

El agua necesaria para cubrir las pérdidas en la torre de enfriamiento se considera de un 1% del total de agua que se utiliza en los condensadores e intercambiadores de calor. El volumen de agua destinado a los usos generales se calcula en función de la cantidad de empleados.

5.9.2 Agua Purificada

Para la primera etapa de nuestro proceso se necesita agua purificada de calidad USP, donde se precisa dar una etapa más de purificación al agua de red, entonces se opta por purificarla mediante ósmosis inversa.

Ósmosis inversa

Es un proceso mediante el cual se purifica una muestra de agua eliminando las partículas en suspensión. La tecnología ósmosis inversa es un tipo de tratamiento físico-químico que copia a la naturaleza para eliminar impurezas del agua, haciéndola pasar a través de unas membranas semipermeables.

Los equipos de ósmosis de la serie OI- 501 se fabrican totalmente automatizados con PLC marca Siemens, bombas de alta presión marca Grundfos en acero inoxidable y poseen todas las alarmas y sistemas de protección junto con lavado automático de membranas por alto flujo cada una hora.

Todos los equipos poseen electroválvulas, llaves de agua, manómetros de presión y toda su estructura hecha en acero inoxidable, sin que haya una sola pieza oxidable en el equipo, lo que garantiza la gran calidad y durabilidad que caracterizan a los equipos de OsmoVic. Además, son totalmente automáticos sin necesidad de intervención humana.

Este equipo puede proveer desde 6000 l/h hasta 20 l/h, se opta por un equipo de 100 l/h para cubrir las necesidades de la producción, esta agua será almacenada en un tanque de agua purificada.



**Equipo de Ósmosis inversa OI-501*

Adopción de ablandador de agua

El ablandador de agua se emplea para eliminar todo tipo de dureza capaz de generar incrustaciones en las instalaciones de generación de vapor. Las incrustaciones reducen el proceso de intercambio de calor, generando mayor consumo de energía y disminuyendo la vida útil de las instalaciones.

La capacidad del ablandador debe ser de por lo menos 0,0686 m³/h, que es la cantidad de agua blanda que se debe reponer al sistema de caldera.

El ablandador es alimentado con agua clarificada y el agua blanda generada es almacenada en el tanque de agua blanda, TK-2.

Se adopta el ablandador automático Vulcano ABL-1044 que cumple con las necesidades requeridas; en el siguiente cuadro se describen las especificaciones técnicas del equipo y en la figura 5-n se lo muestra.

Fabricante		Vulcano
Modelo		ABL-1044
Material		PRFV
Carga de resina (litros)		25
Caudal de trabajo (m ³ /h)		1
Rango de operación (ppm)		50-1000
Frecuencia de regeneración (días)		1 a 12
Presión mínima de trabajo (kg/cm ²)		1,8
Presión máxima (kg/cm ²)		6
Temperatura máxima de trabajo (°C)		37
Dimensiones	Diámetro (mm)	270
	Alto (mm)	1320

Fuente: VULCANO S.A.

** Característica ablandadora de agua*

5.9.3 Torre de enfriamiento

Dado que se tienen en cuenta 7 dispositivos que requieren de agua de refrigeración se decide instalar una torre de enfriamiento capaz de proveer a los mismos de agua.

Se instalará una torre de enfriamiento, teniendo una como reserva para suministrar caudal a dichos equipos. El caudal total de agua a enfriar será aproximadamente de 26372,3 kg/h. Y la salida de la misma debe ser de 30°C.

Las torres de tiro mecánico pueden ser del tipo de tiro forzado, en donde el aire se empuja en la torre mediante un ventilador en el fondo. Estas torres están sujetas particularmente a la recirculación del aire caliente y húmedo que es descargado, dentro de la toma del ventilador, debido a la baja velocidad de descarga y que materialmente reduce la efectividad de la torre. El tiro inducido, con el ventilador en la parte superior, evita esto y además permite una distribución interna más uniforme del aire.



**Torre de enfriamiento*

5.9.4 Gas natural

El parque industrial Ensenada cuenta con una red de media y alta presión de gas natural.

Esta red provee de gas principalmente a la caldera que realiza el calentamiento del fluido térmico para los rehervidores de las columnas de destilación en la etapa de la purificación de la glicerina y en purificación del glicerol. En menor proporción, abastece a sectores tales como laboratorio y demás instalaciones de la planta.

Red de cañerías de gas

La cañería de distribución del gas natural a la totalidad la planta es especial para este servicio, cuyo material es acero galvanizado. La rama principal de suministro a la caldera es de 1 ½" de diámetro nominal y las derivaciones a las instalaciones de ¾" de diámetro.

5.9.5 Caldera (vapor)

Caldera piro tubular

La caldera de tubos de fuego (caldera pirotubular) es un tipo de caldera en la que los gases de combustión procedentes del fogón pasan a través de varios tubos que cruzan (longitudinal, transversal o radialmente) un cilindro sellado que contiene agua. El calor se transfiere por conducción térmica, calentando el agua y creando vapor.

La construcción general es como un tanque de agua penetrado por tubos que transportan los gases de combustión calientes procedentes del fuego. El cilíndrico sellado (la forma más resistente para recipiente presurizado) puede ser horizontal o vertical.

Su ventaja sobre las calderas de ductos es que muchos tubos pequeños ofrecen una superficie mayor de transferencia de calor para el mismo volumen total de caldera.



Caldera pirotubular

5.9.6 Sistema de generación eléctrica

Si bien se utilizará la energía suministrada por el parque industrial, se tendrán instalados en la planta 3 generadores de reserva por cualquier inconveniente ante cualquier tipo de falla en la red de energía del parque. Cabe destacar que se tendrán unidades de almacenamiento de Gas-Oil en planta para suministrar a dichos equipos.



**Generador eléctrico auxiliar*

5.9.7 Compresores (aire comprimido)

La función de los compresores será la de suministrar aire comprimido a las válvulas instaladas, bombas e instrumentos.

Se instalarán 2 compresores de 20 Nm³/h para tener suficiente reserva y un caudal auxiliar de aire comprimido

Compresores a tornillo

El compresor de tornillo es una máquina, que por medio de dos tornillos (hembra y macho) comprime el aire. Empezando con el motor que transmite energía mecánica a la caja o depósito del compresor a través de una polea. Al momento que los tornillos empiezan a girar, crean una succión por la toma de aire mientras va aumentando la presión del mismo a través de las cavidades.

Funcionamiento.

- ✓ El aire es succionado en el compresor por dos tornillos de bloqueo
- ✓ El aire es enviado al tanque de almacenamiento
- ✓ Se llena el interior del compresor creado por lóbulos (macho) y alvéolos (hembra).
- ✓ Una vez almacenado genera calor
- ✓ Se genera energía de flujo para aumentar la presión de fluidos como gases y vapores.
- ✓ Finalmente, el aire o fluido aumenta su presión, densidad y temperatura de una forma considerable.

Ventajas.

1. Fácil acceso para mantenimiento y limpieza.
2. Reducción de ruido.
3. Nivel de aceite mínimo comparado con otros compresores.
4. Ventilador independiente.
5. Transmisión por correa poly-v.
6. Refrigeración controlada por sonda.
7. Pre-filtro.

8. Cuadro eléctrico y placa electrónica para evitar acumulación de polvo.



**Compresor a tornillo*

Sistema de vacío

Los equipos que se adoptan para generar la depresión necesaria de 0.8 atm y 0.5 atm, de las etapas de destilado al vacío T-100 y T-101 respectivamente, son bombas de vacío de anillo líquido Atlas Copco. Las mismas se suministran como módulos listos para funcionar.

Las bombas de anillo líquido están equipadas con un rodete de hoja fija situado excéntricamente dentro de una carcasa cilíndrica. A medida que el rodete gira, el líquido (generalmente agua) es expulsado por la fuerza centrífuga para formar un anillo líquido alrededor de la circunferencia de la carcasa, sellando las puntas del rodete y creando cámaras de gas independientes entre cada hoja.



Como resultado de la posición excéntrica del rodete, estas cámaras varían en volumen a medida que el eje gira, atrayendo y comprimiendo el gas del proceso (Atlas Copco, 2021).

**Bomba de vacío de anillo líquido*

Fabricante	Atlas Copco
Modelo	AWC 160
Frecuencia	50 Hz
Frecuencia	Acero inoxidable
Capacidad nominal	165 m ³ /h
Presión máxima	0.03 atm
Potencia del motor instalado	4 kW
Ancho	652 mm
Longitud	325 mm
Altura	381 mm
Peso total	112 kg

**Datos de equipo adoptado*

5.9.8 Antorcha

Es un quemador que se instala en las afueras de la planta, a una posición elevada, que se usa para disponer gases combustibles de desecho de plantas químicas o refinerías mediante la ignición de los mismos.

El quemado en antorcha es una forma de deshacerse del gas residual. Se utiliza en plantas industriales como refinerías, plantas químicas o plantas de procesamiento del gas natural, así como en zonas donde se produce este gas, entre las que se cuentan pozos petrolíferos, yacimientos de gas y basureros.

En plantas industriales, las antorchas se usan principalmente para quemar el gas inflamable liberado por dispositivos de alivio de presión durante sobrepresiones no planificadas del equipamiento de la planta. Durante los arranques o las paradas —parciales o totales— también se utilizan a menudo para la combustión prevista de gases por periodos relativamente cortos.

Cuando los equipos de una planta industrial se ven sometidos a sobrepresiones (presiones mayores que las que por diseño pueden resistir), la válvula de alivio de la presión es un dispositivo de seguridad esencial. Si la presión supera el límite, la válvula se abre automáticamente (purga), liberando casi siempre gas y a veces líquidos. Estas válvulas de alivio de presión vienen obligadas por la normativa de diseño industrial y los estándares aplicables, así como por la ley. Los gases y

líquidos liberados en el proceso de producción de PG serán conducidos por sistemas de tuberías a la Antorcha de Petroquímica, ubicada a 100m de la instalación.

5.9.9 Tratamiento de Efluentes

El objetivo del sistema de tratamiento de efluentes líquidos es incorporar los conceptos de segregación de corrientes, re-uso de aguas y tratamientos específicos según sus contaminantes.

El sistema posee un conjunto de piletas, balsas y tanques pulmones para manejar las precipitaciones intensas y una balsa de contención en su punto de vuelco habitual como reaseguro para el control de calidad de dicho vuelco. Están diseñadas para separar por gravedad la glicerina libre e impurezas en suspensión del agua.

El objetivo principal de las piletas es el de recuperar la glicerina perdida por emulsión. La glicerina sobrenada en la superficie y se retira por un sistema de rebalse hacia otra parte de la pileta desde donde es bombeado al tanque. Por otro lado, el agua retirada servirá como abastecimiento para agua de incendio, por lo que se retira a través de una cañería inferior que conecta la pileta de tratamiento con la de incendio.



*Planta de tratamiento de efluentes

Propilenglicol



Propilenglicol



Capítulo 6

Puesta en Marcha

Puesta en Marcha Operativa

6.1 Introducción

Una vez construida la planta de producción de propilenglicol, para empezar a producir en continuo, será necesario realizar la puesta en marcha de ésta. La puesta en marcha para una planta química que opera en continuo es un proceso complejo ya que se debe llegar al estado estacionario en todos los equipos del proceso productivo.

Para poner en marcha la planta hay una serie de pasos y protocolos que hay que seguir para minimizar o eliminar cualquier tipo de complicación.

En primer lugar, se establecerán unas tareas previas que consisten en la realización de una serie de pruebas para comprobar que los equipos que se encuentran en la planta funcionan correctamente.

En segundo lugar, se pondrán en marcha los servicios de planta, que son aquellos que proporcionan los fluidos necesarios para el funcionamiento del resto de equipos.

Por último, se hará la puesta en marcha de la planta, para ello, será necesario el seguimiento de una serie de indicaciones para tal efecto. La puesta en marcha de la planta puede darse de tres maneras diferentes:

- Puesta en marcha desde cero.
- Puesta en marcha después de una parada de emergencia.
- Puesta en marcha después de una parada estipulada, por razones de mantenimiento generalmente.

En el caso de la parada de emergencia, la puesta en marcha de la planta puede convertirse en una situación muy compleja de resolver, ya que puede deberse a muchos motivos y por lo tanto los puntos de partida de los cuales se inicia la puesta en marcha pueden ser muy diversos.

En todos los casos de parada de emergencia de un equipo, antes de activarlo se deberá:

- Asegurar que se encuentra efectivamente reparado, manteniendo la seguridad de las personas que lo van a operar.
- Se deberá verificar previamente que los servicios auxiliares estén operativos y que las válvulas estén en la posición correcta.

- Si el equipo debe contener cierto volumen de operación primero se deberá llegar al mismo antes de habilitar la descarga.

6.2 Tareas previas a la puesta en marcha

Antes de la puesta en marcha se deben realizar un conjunto de tareas previas para verificar que todo está preparado y organizado para que no existan complicaciones durante la puesta en marcha.

6.2.1 Organización

- Organización del personal y de los turnos.
- Comprobar disponibilidad de los proveedores.
- Comprobar stock de materiales y recambios en el almacén de la planta.
- Comprobar que los equipos, tuberías e instrumentación instalada se corresponden con la documentación.
- Comprobar y actualizar los protocolos.

6.2.2 Inspección

- Equipos.
- Tuberías y accesorios.
- Instrumentación.
- Cableado.
- Aislantes.
- Estructuras.
- Medidas anticorrosivas.
- Señalización.
- Medidas contra incendios.
- Material de protección personal.

6.2.3 Testeo

- Pruebas de presión.
- Pruebas de paso y continuidad.
- Pruebas de estanqueidad.

6.2.4 Mantenimiento

- Calibración del instrumental.
- Limpieza de los equipos.
- Sustitución de piezas o equipos en mal estado.

6.3 Servicios Generales de Planta

Los servicios incorporados a la planta tienen que estar activos y operativos, estos deberán presentar una gran fiabilidad y, por lo tanto, necesitarán un riguroso mantenimiento para cumplir estas expectativas.

Generalmente los equipos de servicios son instalados por empresas externas especializadas y, por lo tanto, se recurrirá al personal de mantenimiento de dichas empresas para que aseguren que la instalación y el funcionamiento sea el correcto.

Equipos de Proceso.

6.3.1 Prueba hidráulicas y de Presión

Las pruebas hidráulicas consisten en la introducción de una mezcla de agua y pigmento por todo el circuito de tuberías de la planta, de esta manera se consigue localizar con facilidad la presencia de fugas, poros y errores en las soldaduras de tuberías, uniones, válvulas, bombas y accesorios.

Las pruebas hidráulicas también permiten comprobar que los equipos que tienen que soportar peso no sufren vibraciones o deformaciones mecánicas durante la operación.

El propósito de estas pruebas es recoger datos relacionados con el análisis mecánico de parámetros que puedan ser potencialmente peligrosos para el sistema, como la vibración o las deformaciones durante las pruebas efectuadas.

Estas pruebas solamente se llevan a cabo después de la construcción de la planta para comprobar que todas las unidades del proceso y áreas implicadas funcionen adecuadamente.

Es importante que una vez terminadas las pruebas se purgue cada línea totalmente y se seque el circuito del proceso con aire, ya que podrían producirse problemas de contaminación o incompatibilidades en el proceso de puesta en marcha con los fluidos del proceso.

Finalmente, las pruebas de presión son similares a las hidráulicas, aunque consisten en el paso de un gas seco, en este caso aire, para comprobar que los equipos del proceso cumplen estrictamente

las condiciones de presión máxima generadas y garantizan la seguridad y condición mecánica estipulada en el diseño.

6.3.2 Puesta a punto de bombas y compresores

En el caso de la puesta a punto de equipos de bombeo, es importante tener en cuenta el óptimo funcionamiento de las bombas Centrifugas, rotatorias utilizadas en la planta.

Asegurarse que las bombas estén adecuadamente instaladas acorde a lo que especifica el fabricante y las normas aplicables.

Llenado de líquido de la bomba y la cañería de succión antes de su encendido, evitar daños por cavitación.

Se además verificar la buena alineación de la bomba con el motor, para evitar desgaste prematuro de partes internas del equipo debido a vibraciones producto de la desalineación. Se debe chequear estas estén girando en la dirección correcta según las indicaciones del fabricante.

Por un periodo inicial de tiempo se debe monitorear el funcionamiento de las bombas para asegurar que todo funcione correctamente y que no haya vibraciones anormales o algunos otros tipos de problemas.

En caso de una aspiración negativa se emplearán métodos alternativos de cebado, como llenar la tubería y la bomba con una fuente de alimentación externa del fluido conectada al orificio de cebado y aflojando el tapón de purga.

En cuanto a los equipos de compresión se requiere abrir la válvula de purgado que incorporan en el depósito que presentan y abrir el regulador de gas de salida. Seguidamente el compresor desprenderá aire por la salida y por la válvula de purgados: hay que mantenerlo en funcionamiento unos minutos para que las impurezas que pueda haber salgan durante este procedimiento.

A continuación, se tiene que realizar la conexión con su respectiva salida de aire y esperar hasta que el depósito de aire esté totalmente cargado y verificar que se detiene al llegar a la presión máxima.

Algunos compresores requieren sistemas de lubricación para asegurar el buen funcionamiento de sus rodamientos y partes móviles, se tiene que asegurar antes y durante su arranque el buen funcionamiento del sistema de lubricación.

Puesta a punto de Servicios.

Antes de hacer la puesta en marcha de todos los equipos de la planta se deben poner en marcha los servicios de ésta.

- I. *Caldera de aceite Térmico:* Primero se debe llenar de aceite térmico, seguidamente, se encenderá el compresor. Cuando la caldera se encuentra en funcionamiento, se espera a que el aceite llegue a la temperatura y presión requeridas para que el proceso se lleve a cabo de forma correcta. Una vez se llega a las condiciones óptimas, se suministrará el aceite térmico a los equipos que lo requieran.
- II. *Caldera de vapor:* Primero se debe llenar de con agua pre tratada, seguidamente, se encenderá el compresor. Cuando la caldera se encuentra en funcionamiento, se espera a que el agua llegue a la temperatura y presión requeridas para que el proceso se lleve a cabo de forma correcta. Una vez se llega a las condiciones óptimas, se suministrará el vapor a los equipos que lo requieran.
- III. *Torre de refrigeración:* Estas operan también utilizando agua pre tratada. Para llegar a la temperatura de refrigeración necesaria se recircula el fluido en circuito cerrado para llegar al estado estacionario y a las condiciones óptimas. Una vez se llega a la temperatura de operación, se suministrará el fluido refrigerante a todos los equipos que lo requieren para su función.
- IV. *Sistemas de vacío:* Para un correcto funcionamiento se debe verificar que todos los componentes del sistema estén instalados correctamente, como lo indica su fabricante. Esto incluye a la bomba de vacío, cañerías, válvulas y otros accesorios.

Se debe inspeccionar todas las conexiones estén bien apretadas, selladas herméticamente, porque las fugas de aire pueden afectar el funcionamiento del sistema. Inspeccionar los sellos del sistema porque pueden comprometer en la eficiencia del sistema de vacío.

El arranque se realiza por una apertura gradual de las válvulas de succión y descarga hasta alcanzar las presiones de vacío deseadas, de lo contrario de deben ajustar las

aperturas de las válvulas mencionadas. Verifica la presión mediante un vacuómetro.

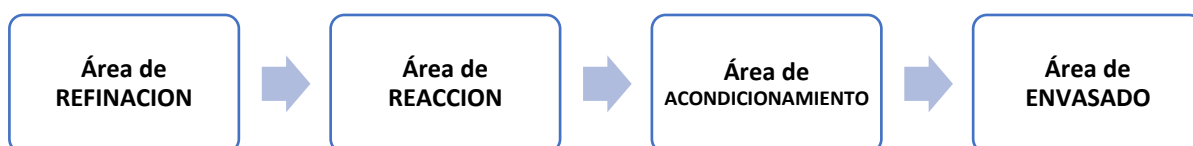
- V. *Agua Purificada: Se debe verificar que todos los equipos que componen el proceso de purificación de agua, estén instalados correctamente, como indica el fabricante. Encender el sistema de bombeo de la boca del pozo agua. Paulatinamente abrir válvulas y encender el sistema de filtrado junto con sus componentes asociados. Se debe monitorear en esta instancia los parámetros críticos del agua.*
- VI. *Agua contra incendios: Su puesta en marcha simplemente consistirá en llenar las piscinas de agua (cisterna) y cañerías correspondientes y activar el sistema de gestión contra incendios.*
- VII. *Aire comprimido: Este servicio servirá para poder poner en funcionamiento todas las válvulas de control y neumáticas.*

6.4 Puesta en marcha de la planta

La puesta en marcha de la planta de producción de propilenglicol se divide en diferentes secciones, tantas como áreas tiene la planta. Este punto tiene la finalidad de redactar el protocolo de actuación para un buen funcionamiento de los equipos del proceso y evitar fallos del sistema.

La puesta en marcha de los intercambiadores de calor se realizará progresivamente mediante el sistema de control que regulará el caudal de refrigerante/vapor según las necesidades del proceso.

La puesta en marcha de las áreas de proceso será en forma secuencial y se realizará de la siguiente manera:



6.4.1 Puesta en marcha del Área de Refinación

Antes de poner en marcha esta área se deben estar los sistemas de control operativo y configurado adecuadamente.

Una vez que el área de purificación aguas, alcanza los parámetros de calidad de agua necesarios, se procede a la apertura de válvula V-2 de suministro al tanque TK-2, que almacena agua purificada. Esta, se mantendrá abierta hasta que alcance el nivel máximo seteado en el lazo de control.

Por otro lado, se conectan a la línea de alimentación los semis de glicerina cruda, luego se llena de líquido y se pone operativa la bomba B-1, bomba de la línea de alimentación de glicerina cruda.

Se abren las válvulas para V-1 y V-3 para que el agua purificada y la glicerina cruda ingresen a M-1, válvula de mezclado de las corrientes. V-1 tendrá un porcentaje de apertura constante mientras que la apertura V-3 se ajustará con el sistema de control.

Se monitorea la salida de M-1 y recircula la mezcla en un circuito cerrado, hasta este dentro de la especificación (proporción 5% de agua purificada en la corriente de salida de M-1).

Se prosigue a la puesta en marcha del intercambiador de calor IC-1. Esto consiste en llenar el equipo de la mezcla de proceso, abrir la válvula de paso a la corriente de vapor, el caudal de vapor se suministrará progresivamente y es controlado por el sistema de control hasta llegar a las condiciones de presión y temperatura de operación. La válvula V-4 se mantendrá abierta y se ira regulando a medida que se alcancen las condiciones del estado estacionario. Una vez puesto en marcha el intercambiador IC-1, la mezcla de proceso va ir ingresando de forma escalonada a la torre de destilación T-100, Torre encargada de separar metanol de la mezcla de proceso.

El primer paso de la puesta en marcha de la torre T-100 es llenar de líquido de proceso el interior de la torre hasta el límite de nivel que señalara el sistema de control, asegurando el llenado del reboiler de H-1.

Luego, se pone en marcha la bomba de generación de vacío, para que desaloje el aire y el recipiente se despresurice para alcanzar las condiciones operativas de presión. El vacío realizado se monitorea mediante un vacuometro ubicado en la torre T-100.

El siguiente paso es encender de forma paulatina los equipos de intercambio de calor. El primero que se pone en funcionamiento será el rehervidor H-1, mediante la regulación de la válvula V-7 de entrada de vapor a este intercambiador. A medida que H-1 alcanza las condiciones operativas y se genera vapor, la bomba B-4 se llenará de la mezcla que proviene de la salida de H-1, mientras que

la válvula V-6 se encuentra abierta y se ajustara de manera manual. Se pone en marcha el condensador IC-2, cuando haya suficiente vapor en el tope empezara condensar el vapor. El condensado se acumulará en IC-2 a un cierto nivel y empezará acumularse luego en el tanque X01. Mientras se llena el tanque X01, también se irá llenando de condensado la bomba B-3.

Las válvulas V-9 y V-8 se regulan de forma manual y se mantendrán cerradas hasta que el nivel del tanque X01 alcance el nivel deseado. Una vez logrado esto, se abren V-8, para que recircule condensado de nuevo a la torre T-100, y se pondrá en marcha la bomba B-3. Luego se prosigue en la apertura de la válvula V-9, la salida de la corriente de destilado. Se debe descartar las corrientes de destilado y producto de fondo que se encuentran fuera de especificación mediante un circuito de cañerías que permiten desviar la mezcla fuera de especificación de forma segura hacia un recipiente de almacenamiento. Cuando las corrientes de destilado, de fondo se encuentren dentro de la especificación se abren las válvulas de paso necesarias para que pasen estas corrientes a la siguiente etapa del proceso.

La corriente de destilado, G5, llena la bomba de presurizado P-100, esta se enciende y rompe el vacío, bombeando la corriente G5 hacia el tanque TK-11. Por el otro lado se enciende La bomba de presurizado B-4, para romper el vacío de la corriente de fondo, G7 y entre esta al intercambiador IC-3.

Se pone a régimen el intercambiador IC-3, para que enfríe la corriente G7. Para ello, se abre la válvula de ingreso del fluido refrigerante V-56, se regulará el caudal de líquido refrigerante hasta que se alcancen las condiciones operativas del enfriamiento.

La siguiente operación que se pone en marcha es el ACIDULADOR. Esto consiste en llenar con la mezcla de proceso el reactor hasta el nivel indicado por el control de nivel del equipo, la válvula de la salida del reactor acidulador se ira regulando de forma manual hasta mantenerla completamente abierta y el nivel de líquido deseado. Luego se enciende el sistema de intercambio de calor del reactor con su sistema de control para llevar la mezcla de proceso a condiciones de temperatura y presión necesaria para que se dé la reacción de acidulación.

Se acciona la apertura de la válvula V-12 y la válvula de seguridad de la salida al tanque TK-3. Luego se llena del líquido proveniente del tanque y se enciende la bomba B-5 y, esta dosifica el ácido clorhídrico 32% al reactor. La cantidad que ingresa dependerá del monitoreo del pH, accionando la regulación de la apertura de la válvula V-12.

Cuando la mezcla del reactor se acidula completamente y por monitoreo se detecta una baja cantidad de jabones, por disminución de pH. Para llegar a esta situación el tiempo de residencia de la mezcla debe ser de 180 min (3 horas). Luego de ese tiempo, todo lo que salga del reactor, G11-1 se podrá dirigir al siguiente equipo, la centrifuga.

Para poner la centrifuga en marcha, se realiza el llenado con mezcla de proceso, para lograr esto se mantiene V-13 abierta y se regula las válvulas de las corrientes de salida, V-14 y la de los depósitos de barro, hasta lograr determinado nivel de líquido, luego las válvulas V-14 y la de la salida de barro, estarán abiertas. Se enciende y se pone a régimen de revoluciones el motor de la centrifuga. Se acciona su sistema de control. La apertura de la válvula de salida de la corriente clarificada de la centrifuga será, accionada acorde a lo que indique el medidor de turbidez en su monitoreo.

El decantador, para su puesta en marcha se lo llenará con la mezcla líquida libres sólidos (clarificado) proveniente de la centrifuga. El decantador es un equipo de decantación estática de dos o más compartimientos internos en donde se produce la separación física de las fases por diferencia de densidades. Para llevar a régimen un decantador estático se debe llenar (con la apertura de la válvula V-14) el primer compartimiento de manera tal que no se genere turbulencia y mezclado en su contenido, después de un tiempo de llenado, este se rebalsará al siguiente compartimiento, lo cual dará inicio al llenado al segundo. El tiempo que tarda cada compartimiento en llenarse y rebalsar, le brinda a la mezcla un tiempo de residencia suficiente para lograr en cada compartimiento un grado de separación determinado. Se monitorea las densidades específicas a la salida superior e inferior del decantador para evaluar el grado de separación. Cuando estas corrientes están dentro de la especificación requeridas, se llena de líquido de las corrientes G14-1 y se enciende la bomba B-7. Por otro lado, se llena de líquido de la corriente G15-1 y se enciende la bomba B-8, con las válvulas V-15 y V-16 abiertas.

En la siguiente etapa se enciende el intercambiador IC-4, para calentar la corriente proveniente del decantador. Para ello, se llena la coraza del intercambiador con la mezcla de proceso hasta un determinado nivel, abriendo y regulando la válvula de salida del equipo. Se abre la válvula V-17, para dejar pasar la corriente de vapor. Los sistemas de control deben estar activados, para monitorear la temperatura y accionar la válvula V-17 para regular el caudal de vapor hasta alcanzar la temperatura de operación.

Antes de la puesta a punto del evaporador, EVP-1. Este equipo y el tanque TK-7, este debe estar despresurizado mediante el accionamiento de la bomba de vacío BV-2. Con monitoreo de un

vacuómetro en el tanque TK-7 se monitorea y regula el vacío realizado mediante el on/off de la bomba antes mencionada, en control manual.

El evaporador, se llena con el líquido acondicionado a la temperatura de operación del EVP-1 en el intercambiador de calor, IC-4. El llenado se realizará al nivel que indica set point del controlador.

En el evaporador se produce la separación de agua en forma de vapor de una mezcla con alto porcentaje de glicerina, que es calentada en IC-4 y que en EVP-1 se separa en fases. Se realiza un monitoreo manual del caudal de vapor de agua que sale por el evaporador hasta que llegue al mínimo caudal que debe ingresar al condensador IC-5. Se pone en marcha el IC-5, abriendo la válvula que habilita la corriente de fluido de intercambio, V-53. El condensado se ira acumulando al tanque TK-7, hasta un nivel necesario para llenar de condensado la bomba de presurizado B-9. Se enciende la bomba B-9, esta bomba permite transportar el agua líquida destilada al tanque de almacenamiento TK-5. Se accionará la válvula de alivio del tanque para liberar el gas desplazado a medida que el agua entra al mismo y que no aumente la presión de almacenamiento y se mantenga a presión atmosférica. Esto se considera igual, en todos los tanques de almacenamiento sometidos a presión interna.

Por otro lado, la mezcla con alto grado de glicerina, saldrá por el fondo del evaporador, este llenará la bomba B-10, se procede al encendido de la bomba B-10, que impulsa la glicerina a la torre de destilación T-101.

Luego, se pone en marcha la bomba de generación de vacío, para que desaloje el aire y el recipiente se despresurice para alcanzar las condiciones operativas de presión. El vacío realizado se monitorea mediante un vacuómetro ubicado en la torre T-101.

Se abre la válvula V-18 de la torre T-101. El primer paso de la puesta en marcha de la torre T-101 es llenar de líquido de proceso el interior de la torre hasta el límite de nivel que señalará el sistema de control, asegurando el llenado del reboiler de H-2.

El siguiente paso es encender de forma paulatina los equipos de intercambio de calor. El primero que se pone en funcionamiento será H-2, mediante la regulación de la válvula V-20 de entrada de vapor a este intercambiador. A medida que H-2 alcanza las condiciones operativas y se genera vapor de la mezcla de proceso, la bomba B-12 se llenara de la mezcla que proviene de la salida de H-2. Luego B-12 bomba de presurizado (rompe el vacío) se enciende, mientras que la válvula V-53 se encuentra abierta y se regula su apertura para regular el nivel de líquido en H-2.

Después, se pone en marcha el condensador IC-T101, cuando haya suficiente vapor en el tope empezará condensar los vapores. El condensado generado en IC-T101 se empezará acumular en el tanque TK-6. Mientras se va llenando el tanque TK-6, también se llena de condensado la bomba B-11.

Las válvulas V-19 y V-21 se mantendrán cerradas hasta que el nivel del tanque TK-6 alcance valores operativos. Cuando esto se cumpla se abrirá la válvula V-19, para que recircule condensado de nuevo a la torre T-101. Una vez realizado esto, se pone en marcha la bomba B-11. Luego se prosigue en abrir la válvula V-21, la salida de la corriente de destilado.

Se debe descartar las corrientes de destilado y producto de fondo que se encuentran fuera de especificación mediante un circuito de cañerías que permiten desviar la mezcla fuera de especificación de forma segura hacia un recipiente de almacenamiento. Cuando las corrientes de destilado, de fondo se encuentren dentro de la especificación se abren las válvulas de paso necesarias para que pasen estas corrientes a la siguiente etapa del proceso.

La corriente de destilado, G20-4, llena la bomba de presurizado B-23, esta se enciende y rompe el vacío, bombeando la corriente G20-4 hacia el tanque TK-5. Por el otro lado la bomba de presurizado, B-12, rompe el vacío y bombea la corriente G23-3, el producto de fondo de T-101, transportándose al tanque TK-9.

El aire es desalojado a medida que la glicerina llena el tanque por medio de una válvula de alivio instalada en el recipiente. La válvula V-23 se encuentra abierta y se regula durante el proceso de llenado del tanque. Una vez, alcanzado el nivel deseado, se pone en funcionamiento el intercambiador de calor IC-10, con finalidad de calentar la glicerina. Su puesta en marcha consiste en accionar la válvula V-22 que abre para dar paso a un caudal de vapor que calienta la glicerina almacenada en TK-9. A medida que el tanque entra en régimen, se produce el llenado de glicerina en la bomba de presurizado B-13, cuando esta esté totalmente inundada de líquido, se procede a encenderla y llevarla a régimen de funcionamiento, para presurizar a 48 bar la corriente de glicerina USP.

6.4.2 Área de Reacción

En esta sección se pondrán en marcha los equipos correspondientes al área de reacción.

La primera etapa es acondicionar el reactor RX-1, a sus condiciones de presión y temperatura. Considerando que se realizó la carga de catalizador en el interior del mismo previamente. Esto es un trabajo realizado por una empresa tercerizada, proveedora del catalizador.

Por otro lado, se pone a punto el sistema de suministro de hidrógeno. Todo el sistema está inertizado con nitrógeno. Deben estar los sistemas de alimentación acoplados al sistema de suministro de hidrogeno (el tanque TK-10), que se compone de una línea de cañería y accesorios de acople, válvulas de descompresión y el tanque pulmón; punto de mezcla M-2. El hidrogeno es un material inflamable, por lo tanto, se deben seguir y cumplir los protocolos para la instalación y manipulación de gases peligrosos, para evitar fugas que deriven en una situación de emergencia. Una vez, que los protocolos de aseguramiento se ejecutaron con éxito, que no existe peligro de fuga y el acople de los tanques se realizó con éxito. Se procede a la apertura de la válvula de seguridad del tanque y de despresurizado, V-32 del sistema para acondicionar el hidrogeno a las condiciones de proceso.

Se debe ir purgando el gas nitrógeno que se encuentra en los sistemas de suministro al proceso a medida que el hidrogeno ingresa a la línea de alimentación.

El gas se almacena en el tanque pulmón M-2, hasta alcanzar las condiciones operativas de presión, manteniendo la válvula V-30 en posición abierta y regulándola de forma manual para regular la presión del recipiente. Este cuenta con un manómetro y alarma para monitorear la presión del tanque y accionar de forma manual V-30. En simultáneo, al ingresar de forma progresiva el hidrogeno al intercambiador de calor IC-13, se lo pone en marcha, abriendo la válvula, V-54, de la corriente de intercambio que en este caso es vapor, hasta que se alcancen las condiciones de temperatura y presión en este equipo. Por otro lado, la válvula V-30 se encuentra abierta y de forma progresiva ingresará el hidrogeno, de manera que se genere la menor perturbación al reactor por la boquilla inferior.

Para lograr presurizar el reactor RK-1, se llena de gas hidrogeno presurizado a 48 bar que ingresa por la corriente P6, hasta que el interior del mismo alcance de forma escalonada las condiciones de presión.

En la segunda etapa, a medida que ingresa el hidrogeno, se abre la válvula V-24 para que también ingrese glicerina USP, proveniente del tanque TK-9, en las bandejas de distribución de líquido al nivel indicado por el sistema de control para garantizar que todo el catalizador se encuentre en contacto con la fase liquida, en el régimen de goteo.

Se inicia el funcionamiento del sistema de intercambio de calor, el encamisado con fluido de intercambio encargado del enfriamiento del reactor, para poder mantener las condiciones isotérmicas en el interior del mismo, dado que la reacción es exotérmica. Para la puesta a punto se

inicia con el accionamiento del sistema de control y apertura de la válvula V-27 para dar ingreso al fluido de intercambio, que es agua.

Se deja un tiempo fijado de residencia ambos reactivos en contacto, este tiempo es de 4 a 5 horas. Antes de abrir progresivamente las válvulas de salida V-25 y V-26, salvo en el caso de un aumento en la presión interna del reactor se abrirá V-25 como elemento de control de presión.

El tiempo de residencia es un parámetro del proceso que se determina mediante ensayos pilotos, previamente realizados antes que se realice la puesta en marcha.

Todos los sistemas de control deben estar calibrados y habilitados dado que esta etapa es inestable hasta que las condiciones de reacción alcancen el régimen estacionario. El material fuera de especificación se desvía por una línea cañerías auxiliar que cuenta con sistema de despresurizado, almacenamiento y disposición final en el área de tratado de efluentes. El material fuera de especificación se reprocesa enviándolo nuevamente al reactor mezclándolo con la glicerina recirculada en pequeñas cantidades en ALM-4.

La fase gaseosa fuera de especificación que sale del reactor, por una tubería auxiliar de alivio va a la chimenea en el área de tratado de efluentes, donde se quema. También esta tubería es utilizada para purgar gas en caso de tener que estabilizar la presión.

La salida de productos líquidos del reactor RX-1 es un punto del proceso que se muestrea para monitoreo de los productos de la reacción y evaluar la conversión de la glicerina, el punto es en la corriente P8-2. Se debe seguir un plan de monitoreo (control de calidad) para garantizar que la puesta en marcha sea exitosa.

Cuando se llega al estado estacionario y los productos de reacción se encuentran en los parámetros esperados. Se cierran las válvulas del sistema auxiliar y se direccionan la corriente líquida de productos de reacción a la línea principal del proceso. Por el mismo mecanismo se direcciona la corriente gaseosa hacia la línea principal.

En la siguiente etapa de la puesta en marcha se ponen en funcionamiento los enfriadores, condensadores IC-11 e IC-12. El accionamiento de los sistemas de control, por medio de la regulación de caudal de las corrientes de intercambio por medio de las válvulas V-29 y V-28.

Luego sigue la puesta a punto del destilador flash DF-1, que tiene un sistema de monitoreo de temperatura y un control de nivel que deben estar en funcionamiento al momento de poner en funcionamiento DF-1. Las válvulas de ingreso al DF-1 se encuentran abiertas o se regulan para

controlar la presión de los enfriadores IC-11 y IC-12. La línea de corriente gaseosa de ingreso a DF-1(P9), presuriza el recipiente de forma progresiva junto con la línea de corriente líquida de ingreso (P8-3). Cuando las condiciones de temperatura y presión alcanzan el estado estacionario de operación, el siguiente paso es abrir las válvulas de paso de las salidas de DF-1 de forma escalonada, que pertenecen a las corrientes P10-1 y P12-1. Para la regulación de presión en DF-1 (en 45 bar), se utiliza la corriente gaseosa P10-1, por medio del accionamiento de la válvula V-54.

La última etapa que se pone en funcionamiento es la recirculación del hidrógeno sobrante, luego de la reacción. En la línea de la corriente P10-1 la presión debe ser acondicionada antes de poder ser recirculada para poder volver al reactor. Para ello, debe poner en funcionamiento el compresor E-110. Se debe llenar el compresor de gas y posteriormente encenderlo y regular su funcionamiento para alcanzar la condición de presión de acondicionamiento de 48 bar.

Una vez que este se encuentra en operación se irá descargando gas al tanque pulmón T-110, a medida que el ingreso de gas incrementa el tanque T-110 se irá presurizando de forma escalonada hasta alcanzar sus condiciones de operación estacionaria. Se monitorea la presurización del tanque T-110 con un manómetro y el accionamiento de forma manual de la apertura de una válvula, V-31, en la corriente de purga. La línea de purga se mantendrá cerrada hasta que se presurice toda la línea de recirculación, que comprende el tramo de tubería en donde circula la corriente P10-2 hasta el ingreso al tanque pulmón M-2. La válvula de ingreso a M-2 también se mantendrá cerrada hasta que se alcancen las condiciones de presurizado. Una vez alcanzadas las condiciones de presión de la línea de recirculación, se van abriendo de forma escalonada las válvulas de ingreso M-2 y de la línea de purga, hasta lograr que la presión se estabilice en la línea de recirculación a M-2 y que el caudal de purga de gas hidrógeno sea el operativo en régimen estacionario.

6.4.3 Área de Acondicionamiento

En esta sección se pondrán en marcha todos los equipos de purificación de la corriente líquida de reacción P12-1. Estos están compuestos por un tren de cuatro torres de destilación que trabaja a presión atmosférica.

En la primera etapa, la corriente P12-1 que sale presurizada a 45 bares, se almacena en el tanque pulmón E02. Para ello el tanque pulmón mencionado debe encontrarse presurizado a la misma presión. La presurización de E02 se realiza mediante el llenado del recipiente con aire. E02 posee instrumentación para monitoreo de la presión interna, para ajustar la presión de forma manual accionando una válvula de alivio del tanque para realizar la regulación de presión. A medida que se presuriza el recipiente se abre la válvula de ingreso a E02, para empezar el proceso de llenado

del tanque pulmón con la mezcla de productos de reacción. A su vez, se abre progresivamente la válvula de ingreso a la succión de la bomba B-14 para que empiece el proceso de llenado de esta.

Se mantendrá un porcentaje apertura de válvula mayor en la válvula de ingreso a E02 que en la válvula de ingreso a la succión de la bomba B-14. Para poder llenar el pulmón E02 al nivel requerido en el régimen de estado estacionario.

Se enciende la bomba B-14 cuando se alcance su llenado interno. Luego, una vez que se alcanza el caudal operativo de descarga, se acciona la válvula V-33, cuyo propósito es despresurizar la corriente de descarga de B-14 a la condición de presión que se requiere para operar la torre D-3 (presión atmosférica). La apertura de esta válvula debe realizarse de forma escalonada, hasta alcanzar las condiciones de operación en estado estacionario. Con la apertura gradual de V-33 se va dando paso de forma gradual a la mezcla de productos de reacción a la primera torre de destilación la D-3.

El primer paso de la puesta en marcha de la torre D-3 es presurizar con aire para llevar a la presión operativa la torre. La presión producida por el gas, se monitorea mediante un manómetro ubicado en el tope D-3. En caso de una sobrepresión se accionan las válvulas de alivio instaladas en el tope del recipiente.

Luego se debe llenar de la mezcla de productos de reacción el interior de la torre hasta el límite de nivel que señalara el sistema de control, asegurando el llenado del reboiler de H-3.

El siguiente paso es encender de forma paulatina los equipos de intercambio de calor. El primero que se pone en funcionamiento será H-3, mediante la regulación de la válvula V-35 de entrada de vapor a este intercambiador. A medida que H-3 alcanza las condiciones operativas y se genera vapor, la válvula V-36 se abrirá progresivamente, hasta su apertura total, dando paso a la mezcla que proviene de la salida de H-3. La corriente de fondo que sale de H-3 ingresa a la bomba B-16, llenándola de producto. Una vez llena la bomba de líquido se procede a ponerla en marcha. La descarga de B-16 se dirige hacia el tanque pulmón ALM-1, esto se realizará cuando la corriente P13-3 alcance la especificación de requerida en estado estacionario en composición.

Luego, se pone en marcha el condensador IC-6, accionando la apertura de la válvula V-38 de la corriente de fluido de intercambio, regular la temperatura. Cuando haya suficiente vapor en el tope, empezará a condensar el vapor. El condensado se acumulará en el IC-6 luego empezará a llenar con una corriente de condensados el tanque C-1, previamente presurizado con aire a las condiciones

de tope, esta presión se regula controlando de forma manual el enfriamiento y el flujo de vapor por medio de la válvula V-38.

Mientras se llena el tanque C-1 se llena de condensado la bomba B-15. Las válvulas V-37 y V-34 se mantendrán cerradas hasta que el nivel del tanque C-1 alcance los valor operativo.

Al llenarse la bomba de condensado, se abre la válvula V-34 y se mantiene cerrada la válvula V-37, para que la corriente de condensado vuelva a la torre D-3, recirculándola. Después se pone en marcha la bomba B-15 y se abre la válvula V-37, de corriente de destilado.

Se debe descartar las corrientes de destilado y producto de fondo que se encuentran fuera de especificación mediante un circuito de cañerías que permiten desviar la mezcla fuera de especificación de forma segura hacia un recipiente de almacenamiento. Cuando las corrientes de destilado, de fondo se encuentren dentro de la especificación se abren las válvulas de paso necesarias para que pasen estas corrientes a la siguiente etapa del proceso.

Entrada en régimen la torre D-3, se procede al presurizado y llenado ALM-1, con los productos de fondo de la torre, hasta alcanzar el nivel seteado por los parámetros del sistema de control en el tanque. Luego se abre la válvula de la línea de salida del ALM-1 e ingreso a la tubería de succión de la bomba B-23, la bomba se llena de líquido de proceso. Completado su llenado y cebado, se pone en funcionamiento la bomba B-23, esta alcanzará su régimen cuando el caudal de descarga cumpla con las condiciones operativas necesaria para que ingrese a la torre D-4.

La siguiente etapa es poner en marcha la torre D-4. Lo primero que se debe hacer es presurizar con aire para llevar a la presión operativa la torre, la presión de gas realizada se monitorea mediante un manómetro ubicado en el tope D-4. En caso de una sobrepresión se accionan las válvulas de alivio instaladas en el tope del recipiente.

Luego, se debe llenar de la mezcla de productos de fondo de D-3 en el interior de la torre hasta el límite de nivel que señalará el sistema de control, asegurando el llenado del reboiler H-4.

El siguiente paso es encender de forma progresiva los equipos de intercambio de calor. El primero que se pone en funcionamiento será H-4, mediante la regulación de la válvula V-41 de entrada de vapor a este intercambiador. A medida que H-4 alcanza las condiciones operativas y se genera vapor, la válvula V-42 se abrirá progresivamente, hasta su apertura completa dando paso a la mezcla líquida que proviene de la salida de H-4. La corriente de salida de H-4 ingresa a la bomba B-19, esta se llena de producto.

Una vez completa el llenado y el cebado de la bomba B-19, se pone en marcha la bomba. El líquido que se descargue la bomba será dirigido hacia el tanque pulmón ALM-2, pero esto se realizará cuando la corriente P15-3 alcance la especificación requeridas en estado estacionario en composición.

Luego, se pone en marcha el condensador IC-7, accionando la apertura de la válvula V-39 de la corriente de fluido de intercambio, para regular la temperatura del condensador. Cuando haya suficiente vapor en el tope, empezará a condensar el vapor. El condensado se acumulará en el IC-7 a cierto nivel y luego empezará a llenar con una corriente de condensados el tanque C-2, previamente presurizado con aire a las condiciones de tope, esta presión se regula controlando de forma manual el enfriamiento y el flujo de vapor por medio de la válvula V-39.

Mientras se llena el tanque C-2 se llena de condensado la bomba B-17. Las válvulas V-40 y V-38 se mantendrán cerradas hasta que el nivel del tanque C-2 alcance el valor de nivel operativo.

Al llenarse y cebarse la bomba B-17, se abrirá de forma progresiva la válvula, V-38, para que recircule condensado de nuevo a la torre D-4 y se mantendrá cerrada la válvula, V-40. Luego se prosigue con la puesta en funcionamiento de la bomba B-17 y se abre la válvula V-40, de la corriente de destilado.

Se debe descartar las corrientes de destilado y producto de fondo que se encuentran fuera de especificación mediante un circuito de cañerías que permiten desviar la mezcla fuera de especificación de forma segura hacia un recipiente de almacenamiento. Cuando las corrientes de destilado, de fondo se encuentren dentro de la especificación se abren las válvulas de paso necesarias para que pasen estas corrientes a la siguiente etapa del proceso.

Entrada en régimen la torre D-4, se procede al presurizado y llenado ALM-2, con los productos de fondo de la torre D-4, hasta alcanzar el nivel seteado por los parámetros del sistema de control en el tanque.

Luego se abre la válvula de la línea de salida del ALM-2 e ingreso a la tubería de succión de la bomba B-24, la bomba se llena de líquido de proceso. Completado su llenado y cebado, se pone en funcionamiento la bomba B-24, esta alcanzará su régimen cuando el caudal de descarga cumpla con las condiciones operativas necesaria para que ingrese a la torre D-5.

Se pone en marcha D-5. Lo primero que se debe hacer es presurizar con aire para llevar a la presión operativa la torre, la presión realizada se monitorea mediante un manómetro ubicado en el tope D-5. En caso de una sobrepresión se accionan las válvulas de alivio instaladas en el tope del recipiente.

Luego, llenar de la mezcla de productos de fondo de D-4 en el interior de la torre hasta el límite de nivel que señalara el sistema de control, asegurando el llenado del reboiler de H-5.

El siguiente paso es encender de forma progresiva los equipos de intercambio de calor. El primero que se pone en funcionamiento será H-5, mediante la regulación de la válvula V-46 de entrada de vapor a este intercambiador. A medida que H-5 alcanza las condiciones operativas y se genera vapor, la válvula V-47 se abrirá progresivamente dando paso a la mezcla líquida que proviene de la salida de H-5, hasta su apertura completa dando paso a la mezcla líquida que proviene de la salida de H-5. La corriente de salida de H-5 ingresa a la bomba B-21, esta se llena de producto. Una vez completa el llenado y el cebado de la bomba B-21, se pone en marcha la bomba.

El líquido que se descargue de la bomba será dirigido hacia el tanque pulmón ALM-3, pero esto se realizará cuando la corriente P17-3 alcance la especificación requeridas en estado estacionario en composición.

Luego, se pone en marcha el condensador IC-8, accionando la apertura de la válvula V-44 de la corriente de fluido de intercambio, para regular la temperatura del condensador. Cuando haya suficiente vapor en el tope, empezará a condensar el vapor. El condensado se acumulará en el IC-8 a cierto nivel y luego empezará a llenar con una corriente de condensados el tanque C-3, previamente presurizado con aire a las condiciones de tope, esta presión se regula controlando de forma manual el enfriamiento y el flujo de vapor por medio de la válvula V-44.

Mientras se llena el tanque C-3 se llena de condensado la bomba B-18. Las válvulas V-45 y V-43 se mantendrán cerradas hasta que el nivel del tanque C-3 alcance el valor operativo.

Al llenarse y cebarse la bomba B-18, se abrirá de forma progresiva la válvula, V-43, para que recircule condensado de nuevo a la torre D-5 y se mantendrá cerrada la válvula, V-45. Luego se prosigue con la puesta en funcionamiento de la bomba B-18 y se abre la válvula V-45, de la corriente de destilado.

Se debe descartar las corrientes de destilado y producto de fondo que se encuentran fuera de especificación mediante un circuito de cañerías que permiten desviar la mezcla fuera de

especificación de forma segura hacia un recipiente de almacenamiento. Cuando las corrientes de destilado, de fondo se encuentren dentro de la especificación se abren las válvulas de paso necesarias para que pasen estas corrientes a la siguiente etapa del proceso.

Entrada en régimen la torre D-5, se procede al presurizado y llenado ALM-3, con los productos de fondo de la torre D-5, hasta alcanzar el nivel seteado por los parámetros del sistema de control en el tanque.

Luego se abre la válvula de la línea de salida del ALM-3 e ingreso a la tubería de succión de la bomba B-25, la bomba se llena de líquido de proceso. Completado su llenado y cebado, se pone en funcionamiento la bomba B-25, esta alcanzará su régimen cuando el caudal de descarga cumpla con las condiciones operativas necesaria para que ingrese a la torre D-6.

Por último, se pone en marcha D-6. Lo primero que se debe hacer es presurizar con aire para llevar a la presión operativa la torre, la presión realizada se monitorea mediante un manómetro ubicado en el tope D-6. En caso de una sobrepresión se accionan las válvulas de alivio instaladas en el tope del recipiente.

Luego llenar de la mezcla de productos de fondo de D-5 en el interior de la torre hasta el límite de nivel que señalara el sistema de control, asegurando el llenado del reboiler de H-6.

El siguiente paso es encender de forma paulatina los equipos de intercambio de calor. El primero que se pone en funcionamiento será H-6, mediante la regulación de la válvula V-52 de entrada de vapor a este intercambiador. A medida que H-6 alcanza las condiciones operativas y se genera vapor, la válvula V-51 se abrirá progresivamente, hasta su apertura completa dando paso a la mezcla líquida que proviene de la salida de H-6. La corriente de salida de H-6 ingresa a la bomba B-26, esta se llena de producto. Una vez completa el llenado y el cebado de la bomba B-26, se pone en marcha la bomba.

El líquido que se descargue de la bomba será dirigido hacia el tanque pulmón ALM-4, pero esto se realizará cuando la corriente P20-1 alcance la especificación requeridas en estado estacionario en composición.

Luego, se pone en marcha el condensador IC-9, accionando la apertura de la válvula V-49 de la corriente de fluido de intercambio, para regular la temperatura del condensador. Cuando haya suficiente vapor en el tope, empezará a condensar el vapor. El condensado se acumulará en el IC-9

a cierto nivel y empezará luego a llenar con una corriente de condensados el tanque C-4, previamente presurizado con aire a las condiciones de tope, esta presión se regula controlando de forma manual el enfriamiento y el flujo de vapor por medio de la válvula V-49.

Mientras se llena el tanque C-4 se llena de condensado la bomba B-20. Las válvulas V-50 y V-48 se mantendrán cerradas hasta que el nivel del tanque C-4 alcance su valor operativo.

Al llenarse y cebarse la bomba B-20, se abrirá de forma progresiva la válvula, V-48, para que recircule condensado de nuevo a la torre D-6 y se mantendrá cerrada la válvula, V-50. Luego se prosigue con la puesta en funcionamiento de la bomba B-20 y la apertura de la válvula V-50, de la corriente de destilado.

Se debe descartar las corrientes de destilado y producto de fondo que se encuentran fuera de especificación mediante un circuito de cañerías que permiten desviar la mezcla fuera de especificación de forma segura hacia un recipiente de almacenamiento. Cuando las corrientes de destilado, de fondo se encuentren dentro de la especificación se abren las válvulas de paso necesarias para que pasen estas corrientes a las siguientes etapas del proceso.

Entrada en régimen la torre D-6, se procede al presurizado y llenado ALM-4, con los productos de fondo de la torre D-6, hasta alcanzar el nivel seteado por los parámetros del sistema de control en el tanque.

Luego se abre la válvula de la línea de salida del ALM-4 e ingreso a la tubería de succión de la bomba B-22, la bomba se llena de líquido de proceso. Completado su llenado y cebado, se pone en funcionamiento la bomba B-22, esta alcanzará su régimen cuando el caudal de descarga cumpla con las condiciones operativas necesaria para que ingrese a la cámara de mezclado M-4, donde se llena con glicerina fresca de la corriente P1 y se llena de la corriente P23 de glicerina de recirculación.

La cámara M-4, previamente fue presurizada a las condiciones requeridas por el proceso para su adecuado funcionamiento. Cuando M-4 entre en régimen se recircula la glicerina de este punto, de forma gradual, al tanque TK-9, cerrando el circuito de recirculación de glicerina.

A todo esto, el tanque ALM-4 tiene una salida de corriente de purga P-22. Esta se empezará abrir de forma progresiva. Su apertura de irá regulando a medida que todo el circuito de recirculación líquida alcance el estado estacionario. Para ello se monitoreará la concentración de trazas de productos de reacción en la glicerina del tanque ALM-4 a la salida de P22.

Todas las corrientes de destilado de las torres: D-3, D-4, D-5 y D-6. Se almacenarán en tanques que se encontrarán a presión atmosférica y temperatura ambiente, que son las condiciones de almacenamiento establecidas que se mantendrán estables con los sistemas de monitoreo de presión y nivel en funcionamiento. Los tanques de almacenamiento de los productos destilados por las torres, son los siguientes:

- Tanque de almacenamiento, PT2: Almacena de Metanol
- Tanque de almacenamiento, PT3: Almacena de Agua
- Tanque de almacenamiento, PT1: Almacena de Propilenglicol
- Tanque de almacenamiento, PT4: Almacena de Etilenglicol.

Fin de puesta en marcha del proceso de propilenglicol.

6.4.4 Área de Envasado

Los diferentes cortes de productos obtenidos en las áreas, descriptas anteriormente, serán el suministro, para la puesta en marcha de las líneas de envasado. El área de envasado cuenta con dos líneas de envasado de tambores de 20 litros, con capacidad de envasar dos productos diferentes a la vez.

Para su puesta en marcha y dado que es un área semiautomatizada. Se deberá poner a punto toda la maquinaria de envasado, contar con todos los insumos para envasar y empaquetar tambores, coordinar, capacitar en cada puesto en la cadena de envasado y empaquetado a todo el personal del área. Para luego, habilitar las líneas de envasado y empezar el llenado de tambores de dos productos en simultáneo.

6.5 Parada de Planta

Cuando los requisitos de producción y necesidades de la planta lo requieran se realizará una parada de la planta, ya sea para efectuar labores de mantenimiento, limpieza, reparaciones, que asegurarán el buen funcionamiento de la planta una vez se vuelva a poner en marcha el proceso de producción de Propilenglicol. Se dará más importancia a la parada de todas las partes que operan en continuo del proceso, ya que serán las que se paran exclusivamente esos días.

La parada de la planta es una operación que si no se realiza correctamente puede ocasionar una pérdida importante de producto y materia prima. Eso es debido a que si no se consigue parar los equipos de forma controlada se deberá purgar gran parte del fluido de proceso.

La parada se basará en la disminución de los caudales progresivamente desde las áreas iniciales del proceso, para así ir vaciando poco a poco dichas áreas a medida que se va transformando en producto.

Una vez que los niveles de líquido sean muy bajos se detendrá la operación de la producción. Los restos de líquido que queden por todo el circuito se purgarán y no podrán ser reutilizados.

En resumen, la puesta en marcha del proceso de PROPILENGLICOL en forma secuencial sin considerar la puesta previa de los servicios auxiliares, consiste en:

- **En la zona de Refinamiento**

1. Puesta en marcha M-1, mezclado agua y glicerina
2. Puesta en marcha IC-1, intercambiador de calor
3. Puesta en marcha de T-100, Torre de destilación y equipos asociados.
4. Puesta en marcha de bombas de presurizado P100/B y B4/B
5. Puesta en marcha de tanque de TK-11, inertización.
6. Puesta en marcha de enfriador IC-3
7. Puesta en marcha de bombas B5, bomba dosificadora de HCl 32%.
8. Reactor Acidulador.
9. Puesta en marcha de centrifuga, CNTF-01.
10. Puesta en marcha del Decantador, DEC-01.
11. Puesta en marcha de Tanque TK-8, Almacenamiento de fase orgánica.
12. Puesta en marcha de bomba B-7 y B-8 bombeadoras de fase orgánica y fase acuosa.
13. Puesta en marcha del calentador IC-4 del evaporador EVP-1.
14. Puesta en marcha de evaporador EVP-1
15. Puesta en marcha de condensador IC-5.
16. Puesta en marcha de Tanque TK-7, acondicionamiento de vacío.
17. Puesta en marcha de bombas B-10 y bomba de presurizado B-9
18. Puesta en marcha de Torre de destilación T-101 y sus equipos asociados.
19. Puesta en marcha de bombas de presurizado B-12 y B-23.
20. Puesta en marcha de tanque pulmón TK-9

- **Zona de Reacción**

21. Puesta en marcha de Bomba B13, suministradora de glicerina.
22. Puesta en marcha del sistema de suministro de hidrogeno, M-2 y v-32.

23. Puesta en marcha del heater IC-13.
24. Puesta en marcha del Reactor RX-01
25. Puesta en marcha de coolers IC-11 e IC-12.
26. Puesta en marcha del separador flash DF-1.
27. Puesta en marcha de Compresor de gases E-110.
28. Puesta en marcha de Tanque de purga y recirculación de hidrogeno T-110.
29. Puesta en marcha del tanque pulmón E02.
30. Puesta en marcha bomba B14.

- **Zona de acondicionado**

31. Puesta en marcha de la válvula de despresurizado, válvula v-33.
32. Puesta en marcha de torre de destilación D-3 y equipos asociados.
33. Puesta en marcha de Tanque pulmón, ALM-1
34. Puesta en marcha de Bomba B-23.
35. Puesta en marcha de tanque PT2, almacenamiento de producto terminado.
36. Puesta en marcha de Torre de destilación D-4 y equipos asociados.
37. Puesta en marcha de Tanque pulmón, ALM-2.
38. Puesta en marcha de Bomba B-24.
39. Puesta en marcha de tanque PT3, almacenamiento de producto terminado.
40. Puesta en marcha de Torre de destilación D-5 y equipos asociados.
41. Puesta en marcha de Tanque pulmón, ALM-3.
42. Puesta en marcha de Bomba B-25.
43. Puesta en marcha de tanque PT1, almacenamiento de producto terminado.
44. Puesta en marcha de Torre de destilación D-6 y equipos asociados.
45. Puesta en marcha de Tanque pulmón, ALM-4.
46. Puesta en marcha de bomba B-22, recirculación de glicerina
47. Puesta en marcha de tanque PT4, almacenamiento de producto terminado.

Capítulo 7

Evaluación de Impacto ambiental

7.1 Marco referencia Legislativa relacionada al Medio Ambiente

- Ley Nacional General del Ambiente N° 25675

“La ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sostenible en Argentina. Asimismo, establece un marco general sobre información y participación en asuntos ambientales, la responsabilidad por daño y la educación ambiental, como así, la realización de un estudio de impacto ambiental.”

- Ley Provincial de Medio Ambiente N° 11723

La presente ley, conforme el artículo 28° de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires, tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

- Evaluación de Impacto ambiental (EIA) y Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)

La evaluación ambiental es la valoración del ambiente para su comprensión y la toma de decisiones informadas con respecto a una iniciativa. A este fin se considera al ambiente como un sistema complejo y dinámico resultante de la interacción de los componentes biótico, abiótico y social en una unidad espaciotemporal.

Esta es implementada a través de un conjunto de herramientas y procedimientos que son clasificados según su propósito. Algunos de ellos son la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que permite a la autoridad tomar una decisión informada respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto, y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), que se aplica a políticas, planes o programas gubernamentales.

Se trata de un procedimiento técnico-administrativo con carácter preventivo, previsto en la Ley n.º 25675 —la Ley General del Ambiente—, que permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental. La autoridad se expide a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o

Certificado de Aptitud Ambiental (CAA) según la norma particular de cada jurisdicción. Estos documentos son conocidos como “licencia ambiental” en la mayoría de los países.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el proceso que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente, en el corto, mediano y largo plazo, previo a la toma de decisión sobre su ejecución. Desde la óptica normativa, se plantea como un procedimiento técnico-administrativo de carácter preventivo, que permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental.

El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es el documento técnico central de la EIA que realiza la persona proponente del proyecto (sea pública o privada) y contiene una descripción del proyecto, su línea de base ambiental y social, el marco legal de cumplimiento, un análisis de alternativas, la identificación y valoración de los potenciales impactos ambientales y sociales que el proyecto (en todas sus etapas) puede causar en el corto, mediano y largo plazo, así como la previsión de la gestión ambiental para abordarlos (prevención, mitigación y compensación), que se concreta a través del Plan de Gestión Ambiental dentro del EsIA.

7.2 Cumplimiento de las normas ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental

“La norma ISO 14001 proporciona la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental, y ayuda a controlar, mediante su reducción o eliminación, los impactos que producen sus actividades en el medio ambiente, logrando mayor sostenibilidad, favoreciendo el desarrollo de tecnologías limpias, mejorando el manejo de todos los aspectos ambientales y el cumplimiento de la legislación ambiental vigente. Además de mejorar su comportamiento ambiental de forma continua, y permite implantar un enfoque sistémico para establecer metas y objetivos ambientales, la consecución de estos y demostrar que se ha conseguido.”

Se puede utilizar para satisfacer los objetivos externos como:

- Proveer seguridad en situaciones ambientales a actores externos como clientes, la comunicación y las agencias u organismos reguladores.
- Cumplir con las regulaciones medioambientales vigentes.

- Soporte a los reclamos y comunicaciones de la empresa sobre sus propias políticas ambientales, planes y acciones de mitigación.
- Proporciona un marco para establecer pautas mediante las declaraciones de conformidad de proveedores, evaluaciones de conformidad por un actor externo, como un cliente de negocios, y para la certificación de conformidad por parte de un organismo de certificación independiente.

Beneficios de implementar un Sistema de Gestión Ambiental:

- **Reducción de costos:** La norma ISO 14001 puede aportar un ahorro en los costos mediante la reducción de residuos y una utilización mucho más eficiente de los diferentes recursos naturales como puede ser la electricidad, el agua, y el gas natural. Las empresas que se encuentran certificadas en la norma ISO 14001 están mejor situadas de cara a posibles multas y penas futuras por incumplimiento de la legislación ambiental, y a una reducción del seguro por la vía de demostrar una mejor gestión del riesgo.
- **Reputación.** Como hay un conocimiento público de las normas, además puede significar una ventaja competitiva, creando más y mejores oportunidades comerciales.
- **Participación del personal:** se mejora la comunicación interna y puede encontrar un equipo mucho más motivado mediante las sugerencias de mejora ambiental.
- **Mejora continua:** realizar una evaluación de forma regular asegura que se pueda supervisar y mejorar el funcionamiento ambiental en las organizaciones.
- **Cumplimiento:** la implementación de la norma ISO 14001 demuestra que las empresas cumplen con una serie de requisitos legales. Esto puede mitigar los riesgos a lo que se puede enfrentar una organización, con respecto a actos judiciales o penales.
- **Sistemas integrados:** la norma ISO 14001 se alinea con otras normas de sistemas de gestión con la norma ISO 9001 o la norma OHSAS 18001 de seguridad y salud en el trabajo, lo que proporciona una más efectiva y eficiente gestión de sistemas en general.

“Los relevamientos y análisis referidos a este trabajo son netamente académicos y se realiza con el fin de identificar, clasificar y potencialmente mitigar los daños que esta actividad pueda ocasionar.”

El proceso de obtención de Propilenglicol y sus subproductos a partir del Glicerol, es un proceso de varias etapas industriales, que si bien no deja grandes residuos especiales, como todo proceso fabril

ocasiona focos de contaminación que se deben mitigar y reducir para disminuir los impactos potenciales al medio ambiente laboral y social.

El glicerol utilizado como materia prima es un subproducto derivado del proceso de obtención del Biodiesel, que luego se es refinado y despojado de las impurezas que trae, se combina con Hidrógeno a alta presión y en presencia de un catalizador sólido específico para dar Propilenglicol y los subproductos intermedios.

Se tienen en consideración las posibilidades de expansión de producción de este producto principal por su creciente en el consumo en base a su tecnología de obtención y el interés por ser un producto “verde”

7.3 Pre-factibilidad

“Los polos petroquímicos evaluados cuentan con todos los servicios necesarios para el abastecimiento de servicios auxiliares, no se encuentra una gran diferencia en los medios de transporte de estos y todos disponen de centros de salud”

Una de las mayores diferencias es que en Ensenada se ubican los proveedores de Hidrogeno, una de nuestras materias primas, la cual cabe destacar cuenta con una gran inestabilidad y peligrosidad a la hora de transportarla largas distancias. Por ello, el tener la empresa ubicada cerca de esta materia prima afecta favorablemente al impacto ambiental puesto que minimiza riesgos innecesarios y posibles accidentes mayores.

El análisis en conjunto de todos estos factores junto con el resultado del método cualitativo por puntos inclina la decisión de la localización de nuestra planta hacia la zona de “Ensenada, Pcia de Buenos Aires.”

Podemos afirmar lo siguiente:

- La población no se verá afectada por nuestra industria puesto que nos ubicaremos en el puerto industrial de Ensenada.
- Dicha locación cuenta con todos los servicios de agua potable, aguas de servicios y aguas pluviales.
- Al ser una zona industrial ya desarrollada tendremos fácil acceso a las vías y rutas de acceso, facilitándonos de esta manera el acceso y egreso de materiales y productos.
- El alumbrado llega adecuadamente a la zona y no representa un aumento exagerado en el costo del mismo.



**Polo industrial- Ensenada – Provincia de Bs As*

- Según nuestras investigaciones en la región se está desarrollando y expandiendo dicho sector industrial que ya cuenta con los respectivos servicios anteriormente desarrollados.

7.4 Categorización del establecimiento. Nivel de complejidad ambiental

Categorización del establecimiento según Ley 11.459 Radicación Industrial Provincia de Buenos Aires y el decreto 1741 Evaluación del Nivel de Complejidad

De acuerdo con el Artículo 8 del Decreto 1741 de la Ley 11.459 de Radicación Industrial en la Provincia de Buenos Aires, que cita:

“... la totalidad de los establecimientos industriales, a instalarse o instalados en territorio de la Provincia de Buenos Aires, deberán ser clasificados en una de las tres (3) categorías, de acuerdo con su Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.)”

El Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.) de un proyecto o establecimiento industrial queda definido por la siguiente ecuación polinómica:

$N.C.A. = Ru + ER + Ri + Di + Lo$

Los términos de la ecuación se refieren a las siguientes descripciones:

1. **(Ru):** incluye la índole de las materias primas, de los materiales que manipulen, elaboren o almacenen, y el proceso que desarrollen.
2. **(ER):** La calidad de los efluentes y residuos que genere el establecimiento.
3. **(Ri):** Los riesgos potenciales de la actividad, a saber: incendio, explosión, químico, acústico y por aparatos a presión que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante.
4. **(Di)** La dimensión del emprendimiento, considerando la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie.
5. **(Lo):** La localización de la empresa, teniendo en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posea.

Y de acuerdo con los valores del N.C.A. las industrias se clasificarán en:

- **PRIMERA CATEGORIA:** hasta 11
- **SEGUNDA CATEGORIA:** más de 11 y hasta 25
- **TERCERA CATEGORIA:** mayor de 25

El Artículo 9 del decreto determina:

“... Aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque elaboran y/o manipulan sustancias inflamables, corrosivas, de alta reactividad química, infecciosas, teratogénicas, mutagénicas, carcinógenas y/o radioactivas, y/o generen residuos especiales de acuerdo con lo establecido por la Ley 11.720, que pudieran constituir un riesgo para la población circundante u ocasionar daños graves a los bienes y al medio ambiente, serán consideradas de tercera categoría independientemente de su Nivel de Complejidad Ambiental”

El cálculo del Nivel de Complejidad se realizará de acuerdo con el método y valores que se establecen en el Anexo 2 de decreto 1741.

7.4.1 Análisis de los términos de la ecuación

- **Rubro (RU)**

De acuerdo con la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, se dividen en tres grupos

Grupo 1: se le asigna el valor 1

Grupo 2: se le asigna el valor 5

Grupo 3: se le asigna el valor 10

De acuerdo con el Anexo 1 la “FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DIVERSOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO Y DEL CARBÓN” se le asigna una categoría de grupo 3, lo que refiere a una valoración de **Ru = 10**.

- **Efluentes y Residuos (ER)**

Se clasifican como de tipo 0, 1 o 2 según el siguiente detalle:

	Residuo	parámetro ER
Tipo 0	Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural.	se le asigna el valor 0
	Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente.	
	Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios	
Tipo 1	Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.	se le asigna el valor 3
	Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales o que no pudiesen generar residuos especiales. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.	
	Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan	

	residuos especiales o de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales.	
Tipo 2	Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1.	se le asigna el valor 0
	Líquidos: con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de un tratamiento.	
	Sólidos y/o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos especiales.	
Suma total de la categoría (ER)		3

- **Conclusión:** Esta planta de refinado y producción de propilenglicol es de **tipo 2**, dado que los líquidos utilizados no son peligrosos y provienen de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento. Por estos motivos se categorizan sus efluentes y residuos del tipo 2. La valoración de Efluentes y Residuos no llega a considerarse nivel 3 por encontrarse el valor en el límite y ser cantidades no muy grandes las generadas.

- **Riesgo (Ri)**

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:

- Riesgo por aparatos sometidos a presión.
- Riesgo acústico.
- Riesgo por sustancias químicas.
- Riesgo de explosión.
- Riesgo de incendio.

Según esta categoría y de acuerdo con la actividad a desarrollar tendremos riesgo por sustancias químicas, riesgos por aparatos sometidos a presión, riesgos de explosión y riesgo de incendio.

La valoración de esta categoría **(Ri)** será de **5**.

- **Dimensionamiento (Di):** Tendrá en cuenta,

a) Cantidad de personal	Hasta 15 à Adopta el valor 0	La planta de Propilenglicol tendrá una cantidad de personal de aproximadamente 100 personas por lo que adoptará un valor de 2.
	Entre 16 y 50 à adopta el valor 1	
	Entre 51 y 150 à adopta el valor 2	
	Entre 151 y 500 à adopta el valor 3	
	Más de 500 à adopta el valor 4	
b) Potencia instalada (en HP)	Hasta 25 à adopta el valor 0	Tendremos un consumo de energía mayor a 500 kW, por lo que la valoración será de 3.
	De 26 a 100 à adopta el valor 1	
	De 101 a 500 à adopta el valor 2	
	Mayor de 500 à adopta el valor 3	
c) Relación entre Superficie cubierta y Superficie total	Hasta 0,2 à adopta el valor 0	La ocupación de suelo es mayor al 50% y menor al 81%, por lo que sumáramos a esta categoría el valor de 2.
	De 0,21 hasta 0,5 à adopta el valor 1	
	De 0,51 a 0,81 à adopta el valor 2	
	De 0,81 a 1,0 à adopta el valor 3	
Suma total de la categoría (Di)		7

***Localización (Lo):** tendrá en cuenta,

a) Zona	Parque industrial à Adopta el valor 0	De acuerdo con la descripción de la zona sumará el valor de 0 ya que la ubicación de la planta se
	Industrial Exclusiva y Rural à adopta el valor 1	
	El resto de las zonas à adopta el valor 2	

		realizará en un parque industrial.
b) Infraestructura de servicios de: Agua; Cloaca; Luz; Gas	Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5	De acuerdo con la infraestructura de servicio también sumará un valor de 0 ya que en dicho parque industrial contamos con los servicios de agua, cloaca, luz y gas.
Suma total de la categoría (Lo)		0

Calculamos el Nivel de Complejidad ambiental con la ecuación polinómica:

$N.C.A. = Ru + ER + Ri + Di + Lo$

$$N.C.A = 10 + 3 + 5 + 7 + 0 = 25$$

La Ley Nacional 11.549 de Radicación Industrial – Provincia de Buenos Aires, decreto 1741- realiza la categorización del establecimiento situado en Ensenada para la instalación de la planta productiva de Propilenglicol y nuestra planta se sitúa en LA **SEGUNDA CATEGORÍA**.

7.4.2 Aptitud mecánica e Hidráulica.

- Evaluando la Aptitud hidráulica y mecánica de la planta podemos decir que el equipo más pesado es el reactor que cuenta con una capacidad de aproximadamente 50 metros cúbicos, lo que representa unos 50.000 k de peso. Considerando que el parque industrial se encuentra a 10 minutos del puerto, eso representa unos 17 metros del puerto aproximadamente distancia suficiente como para asegurar que el terreno podrá sustentar el equipo.
- Así también como se encuentra cerca del río no tendremos problemas con el fluir de los líquidos puesto que el lugar cuenta con una inclinación natural hacia el río.

7.4.3 Relevamiento del área de influencia

Como parte de cualquier estudio ambiental resulta fundamental desarrollar una línea de base, entendiéndose por tal a la descripción de la situación actual, al momento de realizar la evaluación, sin influencia de las acciones del proyecto analizado. Es a partir de esta situación que se lleva adelante la evaluación de los potenciales efectos adversos que podrían registrarse sobre el ambiente. En este contexto resulta importante mencionar que los cambios al proyecto original no representan la afectación de ambientes diferentes a los originalmente considerados (salvo el tramo de cañerías de acueducto que se extenderá por una zona urbana). Mientras que la obra de toma sigue estando localizada sobre el canal de aducción de la toma de ABSA, aunque de la margen opuesta, el acueducto se extenderá avanzando en el mismo sentido que la traza original, separados como máximo por 800 metros en los puntos más distantes. Analizando el impacto sobre la zona, podemos apreciar la siguiente información diferenciando en lo referente al medio biótico y en lo concerniente al medio antrópico.

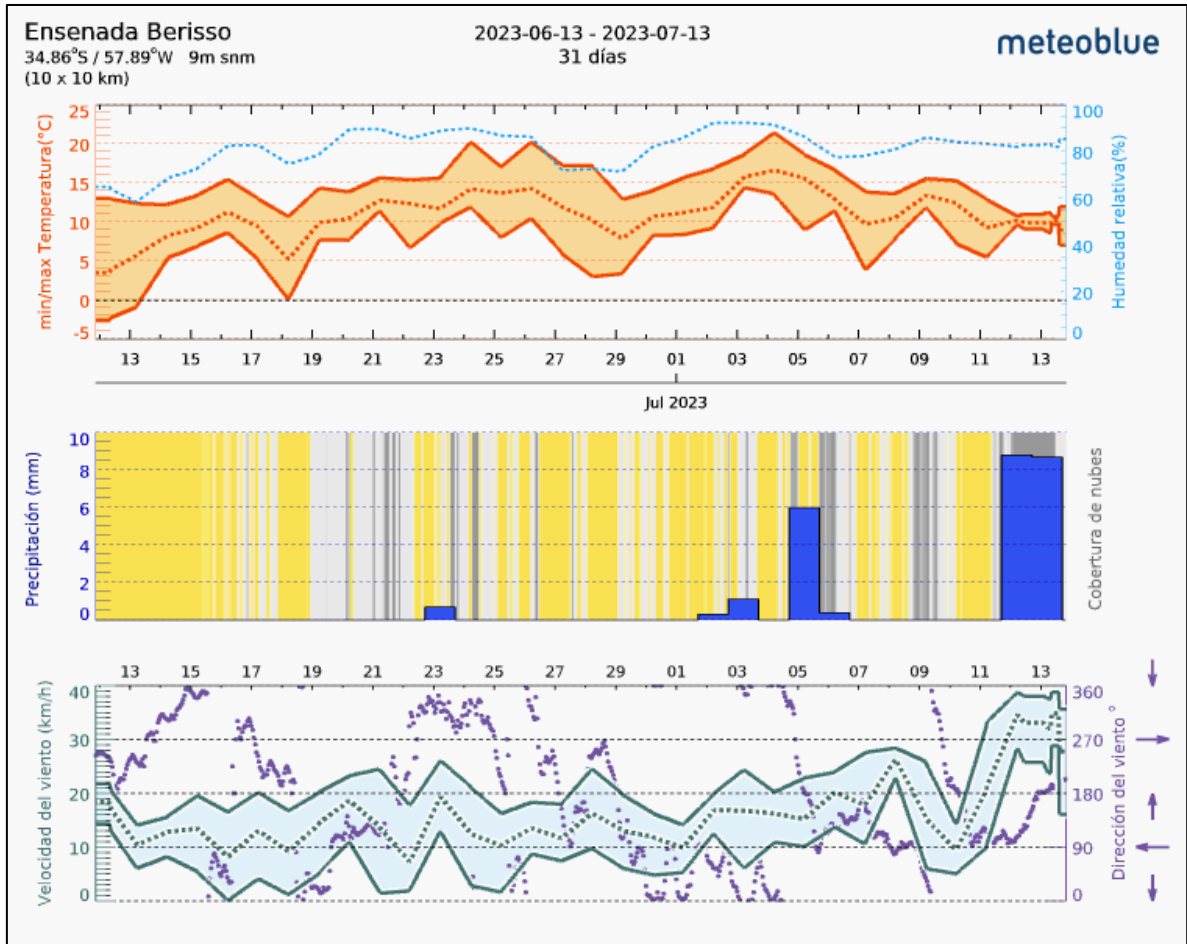
- **RELEVAMIENTO MEDIO BIÓTICO:** El medio biótico representa la parte viva de un ecosistema, la cual se encuentra íntimamente relacionada con el medio físico, y es quien, en última instancia, impone las condiciones a las cuales estarán expuestas las comunidades biológicas presentes. En este sentido, cualquier territorio lo suficientemente extenso como para diversificarse en más de un tipo de ambiente físico, mostrará más de un tipo de vegetación y de comunidad faunística. Particularmente para la zona afectada por el proyecto bajo estudio se identificaron los siguientes ambientes principales:
 - Bosque Secundario.
 - Bosque Implantado.
 - Zona Antropizada.
 - Campo de Herbáceas.
 - Arroyo el Zanjón.
 - Canal del Gato.
 - Pastizal con Leñosas.
- **RELEVAMIENTO MEDIO ANTRÓPICO**

En relación con el medio antrópico fueron identificados los siguientes usos del suelo:

- Uso Recreativo.
- Uso Residencial.
- Uso Ganadero.

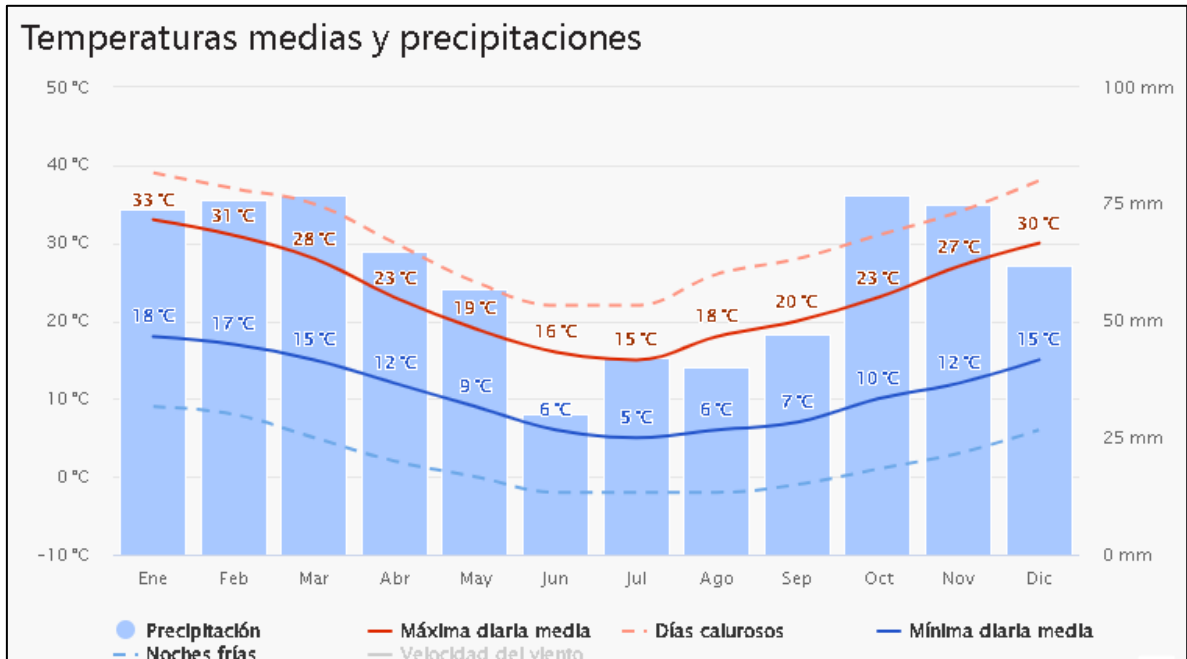
→ Uso Industrial.

7.4.3.1 Clima



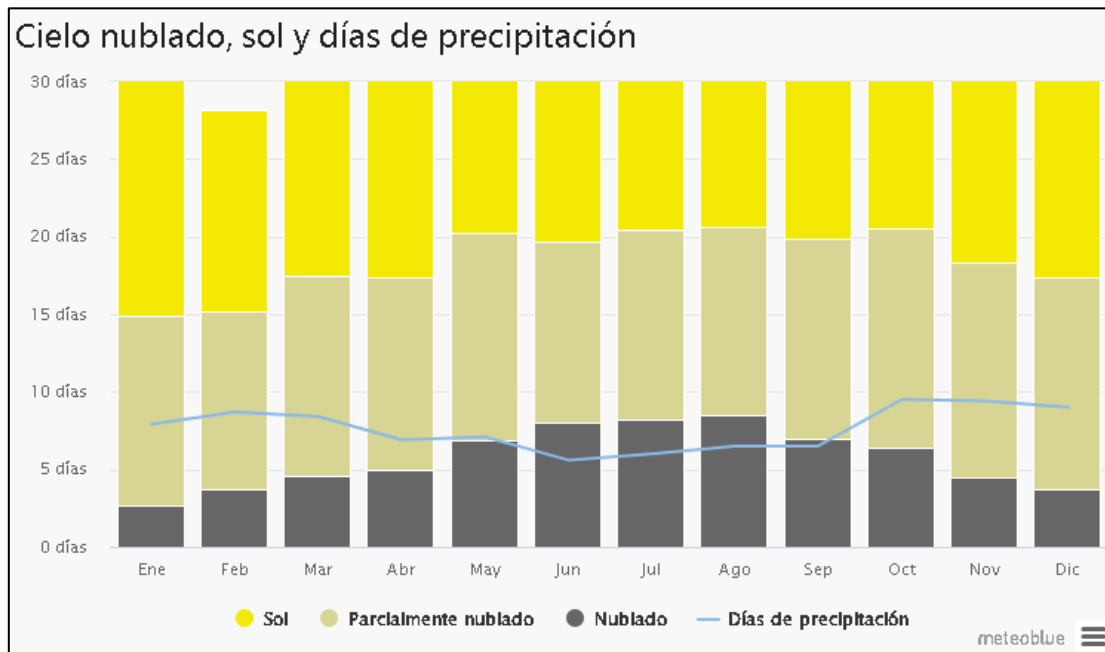
La "máxima diaria media" (línea roja continua) muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes de Ensenada Berisso. Del mismo modo, "mínimo diario media" (línea azul continua) muestra la media de la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías (líneas azules y rojas discontinuas) muestran la media del día más caliente y noche más fría de cada mes en los últimos 30 años. Para la planificación de las vacaciones, usted puede esperar temperaturas medias, y estar preparado para días más cálidos y fríos. Las velocidades del viento no se visualizan normalmente, pero se pueden ajustar en la parte inferior de la gráfica.

El gráfico de la precipitación es útil para la planificación de los efectos estacionales. Precipitaciones mensuales por encima de 150 milímetros son en su mayoría húmedas, por debajo de 30 milímetros en la mayor parte secadas.

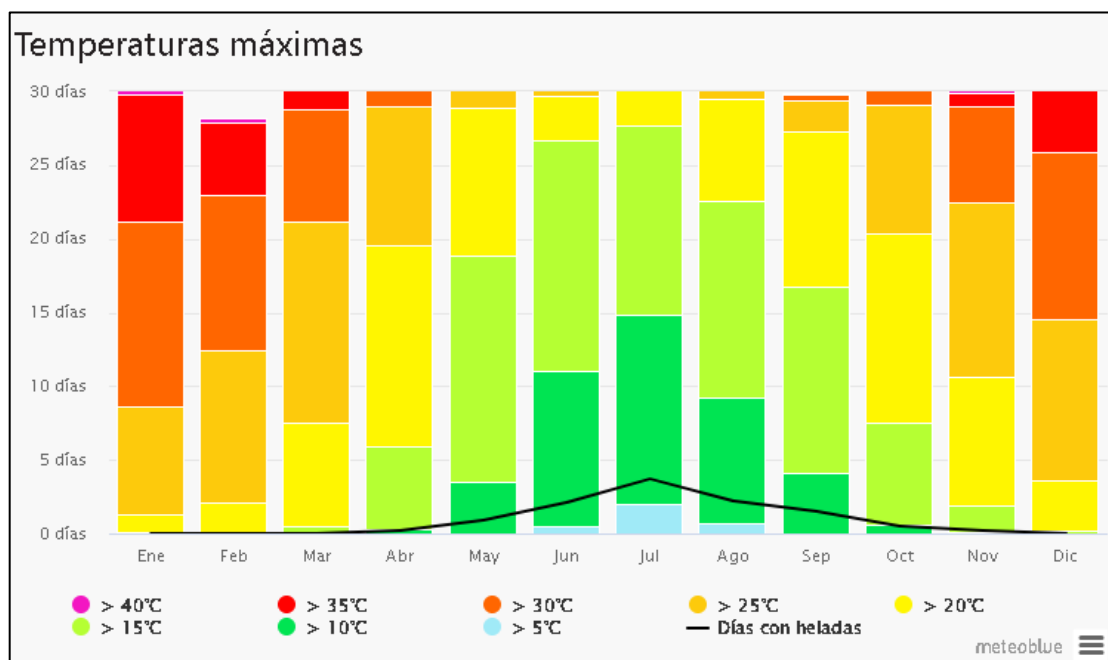


7.4.3.2 Temperatura

El gráfico muestra el número mensual de los días de sol, en parte nublados, nublados y precipitaciones. Los días con menos de 20% de cubierta de nubes se consideran como días soleados, con 20-80% de cubierta de nubes como parcialmente nublados y más del 80% como nublado.

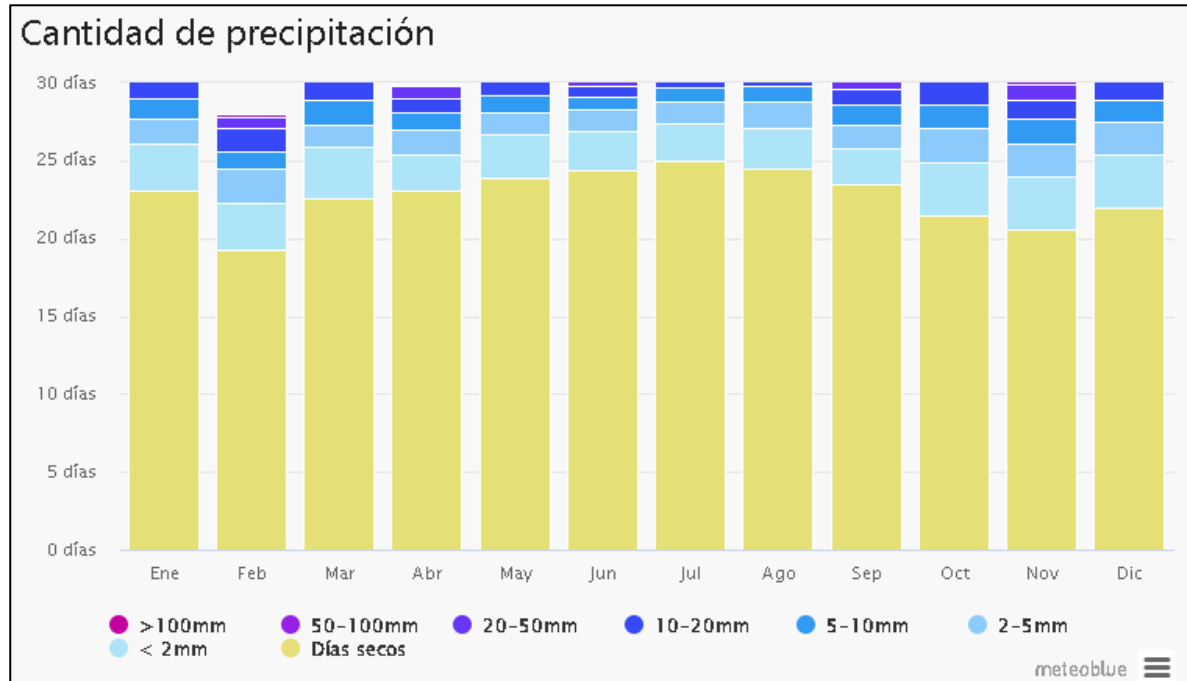


El diagrama de la temperatura máxima en Ensenada Berisso muestra cuántos días al mes llegan a ciertas temperaturas. Estos datos son de interés para estimar los consumos de energía posible que pueden ocurrir para la producción o para los sectores administrativos y áreas comunes ocupadas por los trabajadores.



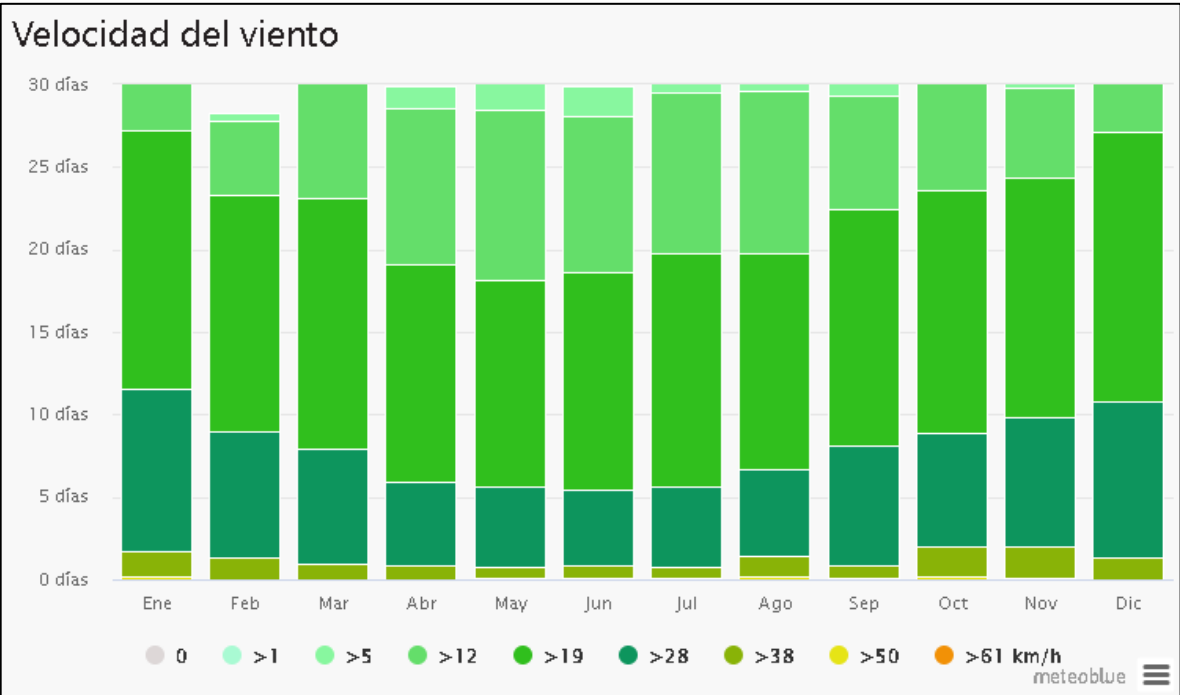
7.4.3.3 Lluvias

La cantidad de precipitaciones aporta una noción del estado que pueden tener los acuíferos de la zona y los impactos en la disponibilidad de agua.



7.4.3.4 Vientos

Los datos referidos a la velocidad de los vientos de manera zonal, es de interés para el diseño en el que debemos orientar la pluma resultante de lo que necesitamos quemar en el proceso.



7.5 Residuos del proceso

7.5.1 Identificación y Planes de acciones de mitigación

Para avanzar en el análisis de identificación y relevamiento de los contaminantes que puede surgir a medida que avanza el proceso, tenemos algunos focos que pueden “mitigarse” para reducir los impactos que éstos puedan ocasionar en el medio ambiente que queremos resguardar.

El Plan de Gestión Ambiental, es elaborado como culminación del Estudio Ambiental Integrado del Proyecto. Incluye, entre otras, acciones de mantenimiento, monitoreo, coordinación institucional, participación de la comunidad, comunicación social, control de gestión, etc. El Plan prevé los recursos económicos, humanos, técnicos para el eficaz cumplimiento del Plan. El Plan de Gestión ambiental se nutre y articula los contenidos y medidas propuestas en los siguientes documentos producidos en el marco de la preparación del proyecto.

Debido a las etapas que se relevan del proceso, se identifican;

RESIDUOS – Clasificación			
	LIQUIDOS:		

SOLIDOS: <i>Todo desecho resultante del proceso en estado sólido o semisólido que se debe clasificar para evaluar su impacto en el ambiente.</i>	<i>Todo efluente líquido proveniente del proceso que exceda la concentración de contaminantes permitidos por la legislación vigente y se vuelque en el curso hídrico.</i>	GASEOSOS: <i>Todo efluente gaseoso proveniente del proceso que exceda la concentración de contaminantes permitidos por la legislación vigente</i>	ESPECIALES: <i>Todo residuo obtenido del proceso que se debe clasificar según las leyes vigentes y luego disponerse en relleno de seguridad.</i>
Identificaciones			
Residuos comunes provenientes de la actividad diaria: descartables de oficinas, descartables del comedor (similares a residuos domiciliarios). Mitigación: Señalar con carteles visibles donde se disponen los contenedores para descartables plásticos que pueden disponerse para reciclaje o reutilización.	Agua de lavado de vestuarios y comedor. Agua de lavado de utensilios de laboratorio. Mitigación 1: Concientizar en la economización de uso de los recursos disponibles para mejora integral en el consumo. Mitigación 2: Información sobre la reducción de uso de agua de lavado.	Vapores de agua provenientes del área de servicio y efluentes. Mitigación: Exponer estos vapores de manera adecuada al ambiente.	Desechos de trapos para limpieza en sectores productivos y taller + derrames de aceites. Mitigación: Disposición de estos residuos especiales en lugares visibles y mediante capacitaciones informativas que reflejen los daños.
Hojas de papel, material de oficina. Mitigación:	Agua de vuelco que se extrae de proceso. Mitigación:	Venteo de Hidrógeno como purga. Mitigación:	Desecho de catalizador (1 vez al año) Mitigación:

Señalar en todas las bases de e-mails el daño que ocasiona al medio ambiente el imprimir hojas de papel sin necesidad.	La planta de tratamiento trabaja en la calidad fisicoquímica del agua para prepararla para un vuelco seguro.	Tomas todos los recaudos según se explica más adelante.	Disposición de acuerdo con lo indicado por los productores.
<p>Desechos de vasos rotos o material de laboratorio para desechar (trapos, cartones, etc.).</p> <p>_____</p> <p>Mitigación: Disminuir los riesgos de roturas para bajar los desechos.</p>	<p>Ácido Clorhídrico que pueda derramarse.</p> <p>_____</p> <p>Mitigación: Diseñar un piletón de contorno para el área que contenga este ácido.</p>	<p>“Las emisiones gaseosas de la planta liberados a la atmosfera no representan riesgo ya que se trata de elementos y compuestos inertes, como Hidrógeno y vapor de agua.</p>	<p>Cenizas y sales de la G13 que se deben disponer en relleno de seguridad. Desecho proveniente de la purga de caldera.</p> <p>_____</p> <p>Mitigación: Disposición en relleno de seguridad.</p>
<p>Pilas de uso frecuente en oficinas, laboratorio, talleres o vestuarios.</p> <p>_____</p> <p>Mitigación: La planta contará contenedor disponible para posterior disposición de estos elementos.</p>	<p>Glicerol en stock (MP) que se pueda derramar en el momento de la estiba.</p> <p>_____</p> <p>Mitigación: Diseñar un piletón de contención que contenga el área en que se encuentran los isotanques de Glicerol.</p>		<p>Desechos del laboratorio de Microbiología: placas de Petri como residuo especial de laboratorio.</p> <p>_____</p> <p>Mitigación: Disposición en caja especial con bolsa roja para disposición de <i>residuo patológico</i>.</p>
Semisólidos: Residuos Cloacales. En el parque industrial que se instalará la planta hay servicio auxiliar de disposiciones cloacales	<p>Agua de descarte de Osmosis.</p> <p>_____</p> <p>Mitigación:</p>		Aceites provenientes de motores o servicios de planta.

para los industriales que se instalen.	Tratamiento del agua de descarte antes del vuelco*		Mitigación: Disposición correspondiente para su tratamiento.
Tóner y cartuchos de impresoras. (residuo domiciliario)			
Mitigación: se proponen uso de tintas biodegradables.			

- **Tratamiento antes del vuelco del agua de Ósmosis Inversa.**

En todos los sistemas de ósmosis inversa, el agua de rechazo o agua residual es el agua que sale por el tubo que se conecta y envía al desagüe. Una vez que el agua de la red ha pasado por los filtros de sedimentos y de carbón, entra en la membrana de ósmosis inversa, la cual purificará una cantidad de agua y enviará al desagüe otra cantidad de agua con las sales disueltas que queremos eliminar. El agua de rechazo es un agua limpia y sin cloro, pero con una electroconductividad la cual será entre un 15-20% mayor que la del agua de red.

Esta agua de rechazo puede ser acumulada y almacenada en un depósito y luego se puede utilizar para limpiar los cuartos de talleres, las herramientas, los sectores, etc. Además, también podemos utilizarla para limpieza de suelos y de sector o para el agua de uso en los baños y vestuarios.

Los riegos de toda la zona de parque y jardín pueden estar conectada también a esta agua de rechazo para ser utilizada de manera beneficiosa para el suelo.

7.5.2 Corrientes producidas

A continuación, se hace un detalle de todas las salidas que tiene el proceso, sus composiciones y que se hace con ellas.

Tenemos muchos productos destinados a la venta a medida que el proceso avanza y de acuerdo con las especificaciones (resaltados en verde) es el tipo de industria objetivo para cubrir una necesidad.

Los indicados en amarillo, son efluentes que pueden reutilizarse como fluidos empleados en áreas de servicios. En naranja, se identifican las corrientes gaseosas de venteo que no son nocivas para el medio ambiente. Señalamos en rojo las etapas de sólidos a disponer, claramente identificadas y relevadas.

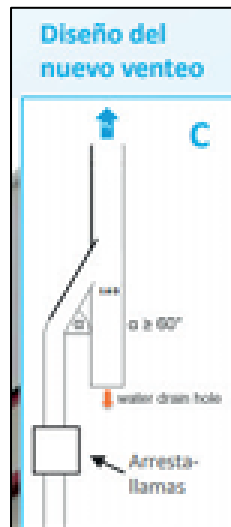
Refinamiento					
Corriente	Contaminantes / Componentes	Concentración (%)	Caudales (kg/h)	Generación (kg/año)	Tipo de Residuo - acción
G8	Metanol	99,46	512,3	169.059	Líquido – Venta: El Metanol se puede vender como sub-producto por la alta pureza que posee.
	Agua	0,54	---	---	
G13	Cenizas	70	110,46	874.843	Sólido – Disposición: Contaminante que debe destinarse a relleno de seguridad
	Sales	30	47,34	374.933	
G14	Ácidos grasos	100	134,4	1.064.448	Líquido – Venta: Industria de jabones varios.
G19	Agua	93,45	147,4630	1.167.906	Reutilización – Servicios: Esta calidad de agua puede utilizarse en intercambiadores de calor dentro del proceso.
	Glicerina	6,53	10,3065	81.627	
*Derrame	Ácido Clorhídrico	32	Derrames	Derrames	Líquido – Contención
*Derrame	Glicerol	100	Derrames	Derrames	Líquido – Contención
Reacción/ Acondicionamiento					
P10-4	Hidrógeno	98,61	12,6115	99.871	Gas – venteo
	Agua	0,92	0,1174	930	Gas – venteo
	Propilenglicol	0,06	0,0074	5,6	Gas – venteo
	Etilenglicol	0,000	0,0003	3	Gas – venteo

	Metanol	0,41	0,0529	419	Gas – venteo
P16	Agua	94,55	227,1843	74.971	Reutilización – Servicios: Esta calidad de agua puede utilizarse en intercambiadores de calor dentro del proceso.
	Propilenglicol	3,45	8,2809	2.733	
	Etilenglicol	0,05	0,1168	925	
	Metanol	1,96	4,6993	1.551	
P14	Agua	0,29	---	---	Líquido – Venta: El Metanol se puede vender como sub-producto por la alta pureza que posee
	Hidrógeno	0,13	---	---	
	Metanol	99,58	10,7770	85.344	
P18	Propilenglicol	99,18	953	7.547.760	Líquido – Venta Producto Principal
	Etilenglicol	0,82	---	---	
P19	Propilenglicol	0,05	---	---	Líquido – Venta: Anticongelante, aplicación industrial
	Etilenglicol	99,95	25,5890	202.664	
P22	Etilenglicol	1,36	---	---	Líquido – Venta: Glicerol de aplicación industrial
	Glicerol	98,64	15,7158	124.469	

7.5.3 Precauciones en el venteo de Hidrógeno. Plan de monitoreo

Aspectos para remarcar:

1. Asumir que los venteos de hidrógeno a la atmósfera arderán debido a efectos electrostáticos de la descarga o a partículas cargadas eléctricamente.
2. Evitar cambios de dirección del flujo de gas causados por “tejados” que evitan la entrada de agua o codos/tuberías dobladas.
3. Usar descargas verticales hacia arriba como la que se muestra en la figura C.



4. Detalles de diseño: los puntos de venteo de H_2 deben estar por encima de techos y plataformas.
5. Instalar siempre un arresta llamas en los venteos para evitar el "retroceso de la llama".
6. Asegurarse que la tubería de venteo está bien soportada teniendo en cuenta las fuerzas generadas por la descarga de gas.
7. "Barrer" los venteos de hidrógeno con gas inerte antes de que pueda producirse un venteo, evitando una mezcla inflamable en la de venteo.
8. Utilizar modelos de dispersión para estimar las posibles consecuencias: tamaño de la nube de hidrógeno y la radiación térmica en caso de ignición.

Conclusión: Hay que diseñar y operar los venteos de hidrógeno con cuidado.

7.5.4 Tratamiento de Agua Residual Industrial

Entre las principales razones para practicar el tratamiento de agua residual industrial se incluyen:

- La reducción del flujo de contaminación existente.
- La expansión de las plantas industriales o el aumento de la producción.
- La reutilización del agua.
- La reutilización y la recuperación del producto.
- La reducción de las descargas y vuelcos.
- Reducción de descargas residuales nocivas y tóxicas.

Los siguientes componentes residuales pueden estar implicados en el control de la contaminación industrial y el tratamiento residual, dependiendo de la naturaleza de la industria y sus residuos.

Exceso de alcalinidad o acidez de los residuos

Tanto el pH bajo como el alto son alteraciones para la vida acuática; el ácido mineral y la descarga alcalina pueden afectar la capacidad reguladora natural de alcalinidad del agua.

Sólidos suspendidos

La turbidez transmitida, el material sedimentario y las condiciones perturbadoras para aguas. Si son orgánicas, contribuirán a presionar la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) en flujos recibidos.

Sustancias orgánicas solubles

Típicamente causan la disminución del oxígeno disuelto en las aguas receptoras al estimular el crecimiento y la respiración de las células microbianas. Frecuentemente expresado como demanda bioquímica de oxígeno (BOD) o demanda química de oxígeno (COD).

Rastros de contaminantes orgánicos

Pueden transmitir gusto y olores censurables a las aguas receptoras usadas para suministrar el agua potable; pueden ser tóxicos para la vida acuática o para el agua de cañería.

Metales pesados y cianuros

A veces presentes en procesos industriales de efluentes, representan toxicidad para la vida acuática y para los usuarios de suministro de agua receptora.

Color y turbidez

Componentes presentes en algunos residuos industriales en pequeñas concentraciones pueden degradar la calidad del agua receptora por la leve extinción y los efectos en la estética y la vida acuática.

Nitrógeno y fósforo

El amoníaco en el agua es muy tóxico para los peces. Tanto el nitrógeno como el fósforo estimulan el crecimiento de algas, lo que puede degradar lagunas, lagos y la calidad del agua.

Sustancias orgánicas refractarias

Pueden contribuir con la contaminación de la corriente creando espumas, toxicidad y resistencia a la biodegradación.

Materia aceitosa y flotante



Pueden degradar la vida acuática en cantidades pequeñas y pueden causar problemas estéticos, de sabor y olor en fuentes de suministro de agua.

Materiales volátiles

El sulfuro de hidrógeno gaseoso es tóxico, y otros gases volátiles en los residuos pueden causar la contaminación del aire.

Temperatura

El agua más caliente o fría que la temperatura ambiente puede afectar la vida acuática.

7.6 Sector de tratamientos de residuos

7.6.1 Tratamiento de efluentes líquidos

Los efluentes líquidos que va a tener esta planta provienen mayormente del lavado en comedor y vestuarios más algún resto en el área de producción, ya que las corrientes de agua generadas o descartadas en el proceso se reutilizarán en los procesos que requieren intercambio de calor.

El sector donde se va a ubicar la planta de tratamiento de efluentes para los vuelcos que tenga la planta y su posterior tratamiento se encuentra identificada en el Layout de planta y próximo a la planta productiva.

Se dispone el área de forma alejada y separada para minimizar los posibles olores que se emanen.

7.6.2 (RREE) Residuos Especiales.

Dentro de esa misma zona que denominamos “tratamiento de efluentes”, se dispone un área para el destino de los RREE (Residuos especiales), que debe ser un área delimitada e identificada para su fin y con las indicaciones correspondientes.

- Todos los residuos se encuentran en contenedores identificados.
- El área se ubica al aire libre para ventilación.
- El área delimitada está cerrada y con acceso restringido a personal idóneo.
- El suelo de esa área se construye con la contención correspondiente y las precauciones para que los residuos contenidos no toquen el suelo o puedan contaminar el suelo.
- El área se identifica como “RREE – Residuos Especiales” y se identifican con los signos de peligrosidad correspondientes.



**Imagen de estación de guardado de residuos especiales para disposición final.*

7.6.3 Residuos Patogénicos

Los residuos patogénicos (todo residuo de impacto o riesgo biológico para el medio ambiente, para este caso: placas de Petri de descarte y los elementos que se usan en la detección de

patógenos) se disponen en cajas señaladas con bolsa roja dentro de una caja del proveedor que realiza el tratamiento correspondiente que es la incineración. Esta empresa entrega un certificado de los kg de residuos patogénicos que se van a desechar como comprobante de que se disponen de manera correcta.

Se deja una imagen de cómo es esa caja, su identificación y el contenido.



Bibliografía del capítulo

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/glosario>

Imágenes de depósitos reales en plantas de tratamiento.

Propilenglicol



Capítulo 8

Seguridad y Salud ocupacional

8.1 Introducción

Las industrias químicas manejan productos y utilizan presiones y temperaturas que exigen la adopción de estrictas medidas de seguridad para reducir o anular los riesgos y la peligrosidad en el manejo de estas instalaciones.

Un riesgo en la industria se puede definir como cualquier evento que puede desarrollar una serie de acontecimientos que pueden dañar la infraestructura de la planta, provocar daños al personal, o a una población que se encuentre cercana a la planta, además de provocar severos daños al medio ambiente. El riesgo industrial siempre se compone por dos elementos fundamentales, la frecuencia con la cual ocurre un acontecimiento y la gravedad de las consecuencias del mismo.

En la industria química, se pueden generar diversos tipos de riesgos causados por aspectos técnicos, falla del personal, falta de conocimiento de alguna parte del proceso que podría generar riesgos, o incluso si se ignora algún aspecto del proceso. Los riesgos por aspectos técnicos se generan a causa del manejo de los materiales con los que se trabaja en el proceso, ya que hay algunos componentes que son inflamables, o bien por las condiciones de proceso que existan. Los riesgos por falla del personal se pueden generar por alguna medida de seguridad que haya pasado desapercibido algún trabajador, en ocasiones sin darse cuenta o por ignorar el peligro que puede generar alguna etapa de proceso.

El control de los riesgos industriales es fundamental para la seguridad e higiene industrial y puede llegar a ahorrar grandes cantidades de dinero a causa de pérdidas en daños materiales, daños irreparables en el medio ambiente y serios daños al ser humano, además de evitar demandas legales que pueden llegar a ocasionar una sanción o incluso el cierre permanente de una planta.

La Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, y sus decretos Reglamentarios 351/79 y 1338/96 determinan las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en todo el territorio de la República Argentina.

La Ley de Riesgos del Trabajo N° 24.557 establece que uno de los objetivos fundamentales es la reducción de la siniestralidad a través de la prevención de riesgos del trabajo.

Que en virtud que las tareas a las que se hacen mención en la presente, están estrechamente vinculadas con la seguridad pública, del ambiente y de los trabajadores expuestos, se torna imperativo, en virtud precisamente de propiciar la seguridad pública y de terceros involucrados, fijar pautas precisas respecto a los títulos habilitados, así como la certificación de su capacitación y antecedentes profesionales específicos requeridos para realizar las tareas mencionadas.

Que la evaluación de los factores de riesgo debe realizarse con los métodos adecuados, acordes con las reglamentaciones vigentes y las mejores prácticas ingenieriles.

Que es conforme con los postulados de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo propender a mejorar el relevamiento de los datos y el análisis de las condiciones, con la finalidad de preservar la salud de los trabajadores.

Que la determinación de los factores de riesgo y la identificación de las medidas correctivas y preventivas, deben ser realizadas por profesionales con experiencia probada y adecuada a la magnitud del problema que se encare en cada caso.

En el siguiente capítulo se desarrolla guiado por esta ley 24.557

8.2 Seguridad e Higiene durante la construcción de la Planta.

Consideraciones de seguridad previa al inicio de actividades de la planta (Edificación).

- **Riesgos asociados a la seguridad de la obra en proceso.**

Un gran número de los accidentes en la construcción se deben a este tipo de riesgos laborales y son debidos a:

- Caídas al mismo nivel.
- Pueden ocurrir por tropiezos involuntarios, resbalones, etc.

- **Mitigación de caídas al mismo nivel.**

Adoptar un sistema de gestión, como por ejemplo TPM. Tener un pilar de seguridad y entorno. De esta manera se podrá mantener un orden y limpieza.

- **Golpes y cortes.**

Se pueden producir de manera involuntaria, entre trabajadores por descuido o por falta de visión.

- **Mitigación de golpes y cortes.**

Utilizar los equipos de protección personal autorizados por la empresa.

- **Caídas a distinto nivel al realizar trabajos.**

Desde andamios, plataformas elevadoras, zanjas.

- **Mitigación de caídas a distinto nivel al realizar trabajos.**

Utilizar Elementos de protección personal (EPP) autorizados por las empresas. Uso obligatorio de arnés en trabajos en altura.

- **Por desplome debida a la inestabilidad de estructuras o caídas.**

- **Mitigación de caída de objetos por desplome.**

Cada instalación debe cumplir con los documentos y reglamentaciones, por lo que debe haber un grupo de seguridad e higiene que apruebe cada construcción.

- **Atrapamiento por o entre objetos.**

Durante el uso de herramientas, equipos o aprovisionamiento por el material de la obra.

- **Mitigación por o entre objetos durante el uso de herramientas.**

Asegurar el correcto orden y limpieza en la construcción. Adoptando metodologías del tipo 5S.

- **Pisadas sobre objetos por un terreno irregular.**

Tropezón involuntario por mal estado del terreno

- **Mitigación de pisadas sobre objetos por un terreno irregular.**

Utilizar calzado apto para recorrer terrenos irregulares. Continuo control del terreno por donde se camina.

- **Caída de objetos.**

Choques contra objetos móviles.

Durante el transporte de materiales en grúas o descarga de hormigón mediante bomba.

- **Mitigación por choques contra objetos móviles.**

Cada movimiento que se realice, debe ser regulado por el grupo de seguridad e higiene. Deben estar bien señalizados todos los caminos y se deben respetar las normas del tránsito dentro de la obra

- **Proyección de partículas.**

En el uso de herramientas tipo radial, sierra circular o durante las operaciones de corte y soldadura.

- **Mitigación de proyección de partículas en el uso de herramientas de tipo radial, sierra circular.**

Correcto uso de lentes de seguridad, que estén aprobados por la empresa

- **Atropellos por circulación de vehículos.**

- **Mitigación de atropellos por circulación de vehículos.**

Mantener una buena señalización. Dar charlas de inducción acerca del correcto movimiento dentro de la obra de construcción.

- **Riesgo de incendio y explosión.**

Por explosión de productos combustibles

- **Mitigación de riesgo de incendio y explosión**

- Tener una gestión de indicación de elementos combustibles. Mantener una organización de productos químicos.
- **Riesgo eléctrico directo o indirecto.**
Por cables en mal estado como indirecto por un mal aislamiento o mantenimiento del equipo.
- **Mitigación de riesgo eléctrico.**
Continua verificación y control de calidad de instalaciones eléctricas
- **Riesgos químicos en la construcción.**
En las obras se utilizan gran cantidad de productos químicos, de los que no se valora o conoce su peligrosidad, con lo que difícilmente se adoptarán medidas preventivas para paliar los posibles efectos adversos y evitar, así, accidentes en construcción.
- **Riesgos biológicos en la construcción.**
Podemos definirlos como aquellos elementos a los que potencialmente se exponen los trabajadores en las obras de construcción, tales como bacterias, protozoarios, virus, insectos, arañas, plantas, reptiles y aves.
Al realizarse la gran mayoría en entornos exteriores, los riesgos biológicos suponen un foco importante de riesgo laboral.
- **Riesgos psicosociales en la construcción.**
Los factores de riesgo psicosocial suelen ser los grandes olvidados en muchas empresas y en el sector de la construcción no iba a ser menos. Afortunadamente, cada vez son más las empresas que apuestan por implementar medidas preventivas, ya que suelen ser una de las múltiples causas de un accidente laboral.
El hecho de que las jornadas sean largas, los trabajos complejos, la atención constante en determinados momentos de la ejecución de la obra o la presión por los plazos de entrega son factores determinantes para este tipo de riesgos laborales en la construcción.

8.2.1 Decreto 351/79 - Características constructivas.

Establece las características que debe reunir todo establecimiento con el fin de contar con un adecuado funcionamiento en la distribución y características de sus locales de trabajo previniendo condiciones de higiene y seguridad.

Los establecimientos deben construirse con materiales de adecuadas características para la función a cumplir.

Todo lugar de trabajo debe contar con servicios sanitarios adecuados e independientes para cada sexo. En líneas generales los locales sanitarios deben contar básicamente con:

Piletas y duchas dotadas de agua caliente y fría.

- Retrete individual con puerta que asegure el cierre del baño en no menos de los 3/4 de su altura (2.10 m). Construido en mampostería, techado, con solado impermeable, paramentos revestidos con material resistente, dotado de un inodoro.
- Mingitorios. (Vestuarios: cuando se cuente con más de 10 obreros)
- Ubicarse en lo posible junto a los servicios sanitarios, en forma tal que constituyan con éstos un conjunto integrado funcionalmente.
- Estar equipado con armarios individuales, los cuales deben ser de material resistente e incombustible. Debe permitir su fácil limpieza.
- Cuando existe un local de cocina y/o comedor, en el caso que el personal no se retire del trabajo para comer se debe tener en cuenta lo siguiente:
 1. Buenas condiciones de higiene y seguridad
 2. Poseer pisos, paredes y techos lisos de fácil limpieza.
 3. Contar con iluminación, ventilación y temperatura adecuada.
 4. Estar ubicados lo más aislado posible del sector de producción

Provisión de agua potable.

- Todo establecimiento debe contar con provisión y reserva de agua para uso humano y eliminar toda posible fuente de contaminación y polución de las aguas que se utilicen y mantener los niveles de calidad establecidos por la legislación vigente.
- Por tal motivo se deben realizar análisis al agua de consumo sea obtenida dentro de su planta o traídas de otros lugares.
- Análisis físico químico una vez por año.
- Se entiende por agua para uso humano la que se utiliza para beber, higienizarse o preparar alimentos.

Control de Carga Térmica.

Es la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.

Objetivo: determinar la exposición del trabajador a calor excesivo en puestos de trabajo conflictivos.

La medición consiste en determinar el TGBH (Índice de Temperatura Globo Bulbo Termómetro).

En el caso de superar las temperaturas máximas según el tipo y régimen de trabajo se deben implementar las medidas correctivas correspondientes tales como:

- Rotación del personal Entrega de ropa y equipos de protección personal especiales.
- Colocación de barreras protectoras que impidan la exposición a radiaciones.

Contaminantes químicos en ambiente de trabajo.

Contaminante químico: es toda sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvo, humo, gas o vapor con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos pudiendo lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ella.

La resolución N.º295/03 establece las concentraciones máximas permisibles de cada uno de los contaminantes.

- Muestreo de aire
- Verificar el cumplimiento de la ley.
- Seleccionar el equipo de protección adecuado
- Evaluar la efectividad de los controles.

Control de radiaciones.

Energía liberada que puede ser de diversos orígenes. La radiación es el desplazamiento rápido de partículas y ese desplazamiento puede estar originado por diversas causas.

- Radiaciones no ionizantes: Son aquellas en las que no intervienen iones. Un ion se define como un átomo que ha perdido uno o más de sus electrones. Ej.: radiación ultravioleta, visible, infrarroja, láseres, microondas y radiofrecuencia. Puede incluirse además los ultrasonidos.
- Radiaciones ionizantes: Son aquellas en las que las partículas que se desplazan son iones. Estas engloban las más perjudiciales para la salud: rayos X, rayo gama, partículas alfa, partículas beta y neutrones, es decir energía nuclear.

Ventilación

- La ventilación en los locales de trabajo debe contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador.
- A su vez los locales deben poder ventilarse perfectamente en forma natural
- Se establece la ventilación mínima de los locales, en función del número de personas y actividad.

Iluminación

- Composición espectral de la luz: debe ser adecuada a la tarea a realizar (reproducir los colores).
- Evitar el efecto estroboscópico.
- Iluminancia adecuada a la tarea a efectuar.
- Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos, directo o reflejado.
- Niveles de iluminación encuadrado en lo establecido en la Tabla 2 – Intensidad mínima de iluminación que figura en el Decreto 351/79. (tipo de edificio, local y tarea visual).
- Los valores de iluminación en los diferentes puestos de trabajo se deben medir con un luxómetro calibrado. Establecimientos con tareas en horarios nocturnos debe instalarse un sistema de iluminación de emergencia.

Ruidos y Vibraciones

Determinación del riesgo acústico al que se encuentra expuesto el personal e identificación de las máquinas o zonas más ruidosas de la planta.

Las medidas a adoptar van a depender de los niveles obtenidos:

- Niveles inferiores a 85 db(A) de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, NSCE superiores a los 85 db(A), pero no exceden los 90 db(A), se deben realizar exámenes audiométricos. En este caso no resulta obligatorio la entrega de protectores auditivos.
- Valores mayores a los 90 db(A) uso obligatorio de protectores auditivos.

Medidas de control del ruido:

- Eliminar la fuente emisora de ruido: mejorar el mantenimiento de la máquina, cambiar componentes de la misma que puedan incrementar el ruido, etc.
- Actuar sobre el medio: colocar barreras ingenieriles que disminuyan el nivel de ruidos en el ambiente de trabajo.
- Aislar al trabajador: Protectores auditivos

Señalización

- Señalizar los diferentes riesgos existentes, precauciones, obligaciones a través de colores y señales.
- Contar con los caminos de circulación marcados de modo de favorecer el orden y limpieza de los locales de trabajo y Señalizar las salidas normales y de emergencias necesario para casos de posibles emergencias.
- Contar con las cañerías que conduzcan tantos insumos, materias primas, productos elaborados codificados.
- Señalizar las instalaciones contra incendio.

Instalaciones Eléctricas

- Protección contra riesgos de contactos directos:
- Protección por alejamiento
- Protección por aislamiento
- Protección por medio de obstáculos
- Protección contra riesgos de contactos indirectos (contacto de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión).
- Puesta a tierra de las masas (valores de resist. Tierra $<10 \text{ ohm}$)
- Disyuntores diferenciales: deben actuar cuando la corriente de fuga a tierra toma el valor de calibración (300 mA o 30 mA según su sensibilidad) en un tiempo no mayor de 0,03 seg.
- Aislar las masas o partes conductoras con las que el hombre pueda entrar en contacto.
- Usar tensión de seguridad.
- Proteger por doble aislamiento los equipos y máquinas eléctricas.

Máquinas y Herramientas

- Deben ser seguras y en caso de presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.
- Los motores que originen riesgos deben estar aislados. Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.
- Las transmisiones (árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros) deben contar protecciones adecuadas a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.

- Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras.

Aparatos para izar

- AUTOELEVADORES.
- PUENTES GRUA.
- ASCENSORES Y MONTACARGAS

Requisitos: Contar con la carga máxima admisible marcada en el equipo, en forma destacada y fácilmente legible desde el piso del local o terreno.

Estar equipado con un dispositivo para el frenado efectivo de una carga superior en una vez y media la carga máxima admisible.

Los accionados eléctricamente deben cortar la fuerza motriz al sobrepasar la altura o el desplazamiento máximo permisible.

Aparatos Sometidos a Presión

Equipos Sometidos a Presión: todo recipiente que contenga un fluido sometido a una presión interna superior a la presión atmosférica.

- Prueba Hidráulica.

Se llena el recipiente con agua y se aumenta la presión interna con una bomba manual. Se verifica el funcionamiento correcto de las válvulas y la no existencia de fisuras y/o pérdidas.

- Medición de Espesores.

Se mide el espesor de las paredes mediante técnicas de ultra sonido para verificar su resistencia a las condiciones de presión de trabajo

- Ensayos Especiales.

De existir dudas acerca de las condiciones del recipiente se podrán solicitar ensayos de otro tipo como gammagrafías, ensayos metalográficos, etc.

Protección contra incendios.

- Evitar la iniciación de incendios.
- Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.
- Asegurar la evacuación de las personas.
- Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.
- Proveer las instalaciones de detección y extinción del fuego

Elementos de Protección Personal

El Servicio de Higiene y Seguridad en el trabajo debe determinar la necesidad de uso de EPP, las condiciones de utilización y vida útil. Una vez determinada la necesidad de usar un determinado EPP su utilización debe ser obligatoria por parte del personal.

Los EPP deben ser de uso individual y no son intercambiables cuando razones de higiene y practicidad así lo aconsejen.

Los equipos y EPP, deben 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.

Capacitación

El empleador está obligado a capacitar a su personal en materia de H y S, 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 en materia de higiene y seguridad y medicina del trabajo debe ir orientada a todos los sectores del establecimiento en sus distintos niveles:

- Nivel superior (dirección, gerencias y jefaturas).
- Nivel intermedio (supervisores y encargados).
- Nivel operativo (trabajador de producción y administrativo).

Las capacitaciones deben ser planificadas en forma anual a través de programas de capacitación para los distintos niveles.

Investigación de accidentes

El análisis estadístico de los accidentes del trabajo, es fundamental ya que sirven para determinar, los planes de prevención, y reflejar a su vez la efectividad y el resultado de las normas de seguridad adoptadas.

Objetivos: Detectar, evaluar, eliminar o controlar las causas de accidentes.

- Dar base adecuada para confección y poner en práctica normas generales y específicas preventivas.
- Determinar costos directos e indirectos.
- Comparar períodos determinados, a los efectos de evaluar la aplicación de las pautas impartidas por el Servicio y su relación con los índices publicados por la autoridad de aplicación.

8.2.2 Decreto 911/96-Reglamento de Higiene y Seguridad para la industria de la construcción

El Decreto 911/96 reglamenta la ley 19587 específicamente en las actividades de la industria de la construcción.

Este Decreto y sus Resoluciones complementarias 231/96, 051/97, 035/98 y 319/99 determinan las condiciones de seguridad y los requerimientos documentales que se deben cumplir en relación a la seguridad e higiene en actividades de la construcción.

Identificación de riesgos y peligros- Riesgos Industriales

Riesgo de Incendio:

Un incendio es una reacción química de oxidación - reducción fuertemente exotérmica, siendo los reactivos el oxidante y el reductor. En terminología de incendios, el reductor se denomina combustible y el oxidante, comburente; las reacciones entre ambos se denominan combustiones. Para que un incendio se inicie es necesario que el combustible y el comburente se encuentren en espacio y tiempo en un estado energético suficiente para que se produzca la reacción entre ambos. La energía necesaria para que tenga lugar dicha reacción se denomina energía de activación; esta energía de activación es la aportada por los focos de ignición.

Por lo tanto, para que un incendio se inicie tienen que coexistir tres factores: combustible, comburente y foco de ignición que conforman el conocido "triángulo del fuego"; y para que el incendio progrese, la energía desprendida en el proceso tiene que ser suficiente para que se produzca la reacción en cadena. Estos cuatro factores forman lo que se denomina el "tetraedro del fuego".

El riesgo de incendio, al igual que cualquier otro riesgo de accidente viene determinado por dos conceptos clave: los daños que puede ocasionar y la probabilidad de materializarse. Por lo tanto, el nivel de riesgo de incendio (NRI) se debe evaluar considerando la probabilidad de inicio del incendio y las consecuencias que se derivan del mismo:

$$\text{NRI} = \text{Probabilidad de inicio de incendio} \times \text{Consecuencias}$$

La probabilidad de inicio de incendio viene determinada por las medidas de prevención no adoptadas; es decir, de la coexistencia en espacio, tiempo e intensidad suficiente del combustible y el foco de ignición.

- *Combustible:* Su peligrosidad depende fundamentalmente de su estado físico (sólido, líquido o gas) y en cada uno de estos estados, de otros aspectos ligados a sus propiedades físico - químicas, su grado de división o fragmentación, etc.

Para líquidos y gases inflamables son la concentración combustible - aire precisa para la ignición (límite inferior de inflamabilidad) y la energía de activación necesaria (energía mínima de ignición) para que se produzca la reacción de combustión; siendo, además, asimismo un parámetro fundamental para los líquidos, la temperatura mínima a la que el combustible emite vapores suficientes para que se forme la mezcla inflamable (temperatura de inflamación o "flash point").

- *Focos de Ignición:* Los focos de ignición aportan la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción. Estos focos de ignición son de distinta naturaleza; pudiendo ser de origen térmico, mecánico, eléctrico y químico. Nosotros nos enfocaremos en aquellos de origen químico, en los cuales debemos contemplar: Sustancias reactivas incompatibles, Reacciones exotérmicas, Sustancias Auto-oxidantes, etc.

Riesgo de Explosión:

Una explosión es la liberación en forma violenta de energía química, normalmente acompañada de altas temperaturas y de la liberación de gases.

Según el lugar dónde se produzca la explosión se puede distinguir entre dos tipos:

- *Explosiones confinadas:* Este tipo de explosiones se producen cuando ha habido una fuga de un gas o de un vapor inflamable en un área confinada (recipiente). Si el gas se encuentra dentro de los límites de inflamabilidad y encuentra una fuente de ignición, entonces tiene

lugar la explosión. Causas como un fallo en el equipo de regulación y alivio de la presión, reducción del grueso de la pared del equipo debido a la corrosión o reducción de la resistencia del recipiente por defectos en su estructura, pueden originar este tipo de explosiones.

- *Explosiones no confinadas*: Las nubes de vapor no confinadas se generan a partir de la fuga de una cantidad determinada de un vapor combustible o bien de un líquido a partir del cual se forma el vapor.

Para que se forme una atmósfera explosiva, la concentración de gases, vapores o nieblas inflamables en aire debe de estar dentro de un determinado rango, delimitado por los límites inferiores y superiores de explosividad:

- Límite inferior de explosividad (**LIE**): es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva.
- Límite superior de explosividad (**LSE**): es la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por arriba de la cual, la mezcla no es explosiva.

El rango de inflamabilidad está comprendido entre el LIE y el LSE.

A efectos de seguridad se considera que una atmósfera es muy peligrosa cuando exista concentración de sustancia inflamable por encima del 25% del límite inferior de inflamabilidad.

Riesgo Químico:

El riesgo químico es aquel riesgo susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades. Los productos químicos tóxicos también pueden provocar consecuencias locales y sistémicas según la naturaleza del producto y la vía de exposición.

Las fugas y derrames de productos químicos son de alto riesgo debido a la posibilidad de incendio de éstos, al potencial peligro de explosión por su interacción con otros elementos y/o al riesgo que corre el personal, las instalaciones y el medio ambiente.

Los productos que generan riesgos químicos se clasifican en:

➤ **Explosivos**

Sustancias y preparaciones que pueden explotar bajo efecto de una llama o que son sensibles a los choques o fricciones.

➤ **Inflamables.**

Sustancias y preparaciones que pueden calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a una temperatura normal sin empleo de energía o que, en contacto con el agua o el aire húmedo, desenvuelven gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.

➤ **Extremadamente inflamable.**

Sustancias y preparaciones líquidas, cuyo punto de inflamación se sitúa entre los 21 °C y los 55 °C.

➤ **Comburentes.**

Sustancias que tienen la capacidad de incendiar otras sustancias, facilitando la combustión e impidiendo el combate del fuego.

➤ **Corrosivos.**

Estos productos químicos causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes.

➤ **Irritantes.**

Sustancias y preparaciones no corrosivas que, por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas, pueden provocar una reacción inflamatoria.

➤ **Nocivos.**

Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos a la salud de forma temporal o alérgica.

➤ **Tóxicos.**

Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos graves, agudos o crónicos a la salud.

➤ **Muy tóxicos.**

Por inhalación, ingesta o absorción a través de la piel, provoca graves problemas de salud e inclusive la muerte.

➤ **Peligrosos para el medio ambiente.**

El contacto de esa sustancia con el medio ambiente puede provocar daños al ecosistema a corto o largo plazo.

Precauciones: debido a su riesgo potencial, no debe ser liberado en las cañerías, en el suelo o el medio ambiente. Tratamientos especiales tienen que ser tomados.

Riesgo Eléctrico:

Se denomina riesgo eléctrico al riesgo originado por la energía eléctrica. Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

La corriente eléctrica puede causar efectos inmediatos como quemaduras, calambres o fibrilación, y efectos tardíos como trastornos mentales. Además, puede causar efectos indirectos como caídas, golpes o cortes. Los accidentes causados por la electricidad pueden ser leves, graves e incluso mortales

Riesgo Térmico:

El estrés térmico es la sensación de malestar que se experimenta cuando la permanencia en un ambiente determinado exige esfuerzos desmesurados a los mecanismos de que dispone el organismo para mantener la temperatura interna, mientras se efectúa el intercambio de agua y demás sustancias.

Cuando los trabajadores están expuestos a situaciones de calor excesivo, el trabajo puede resultar incómodo, o incluso generar riesgos para la salud y la seguridad del trabajador.

Esta situación se agrava si no corre aire y la humedad es alta. Por eso, la humedad relativa del aire debe estar entre el 45 y el 65%.

Es asimismo importante, tener en cuenta el tiempo de trabajo expuesto al calor. Aun cuando la temperatura no sea muy elevada, el estar muchas horas expuesto, provocaría la acumulación de calor en cantidad peligrosa.

Aquellas cañerías y equipos que se encuentren continuamente a elevadas temperaturas, deberán contar con una correcta aislación, la cual no solamente protegerá al personal, sino que también reducirá costos y conducirá a un proceso más eficiente.

Riesgo Acústico:

Los trabajadores sometidos a altos niveles de ruido en su puesto de trabajo, aparte de sufrir pérdidas de su capacidad auditiva pueden llegar a la sordera, acusan una fatiga nerviosa que es origen de una disminución de la eficiencia humana tanto en el trabajo intelectual como en el manual.

Se puede definir al ruido como un sonido no deseado e intempestivo y por lo tanto molesto, desagradable y perturbador. El nivel de ruido se mide en decibelios (dB). Hay un nivel de ruido a partir del cual se considera peligrosa y se hace necesario protegerse del mismo con los elementos de seguridad adecuados.

8.3 Prevención de Riesgos

La prevención de riesgos está definida por el Conjunto de medidas destinadas a evitar o dificultar la ocurrencia de un siniestro y a conseguir que, si el accidente se produce, las consecuencias sean las mínimas posibles.

I. Protección contra incendios:

Se llama protección contra incendios al conjunto de medidas que se disponen en las instalaciones para protegerlos contra la acción del fuego.

Con ellas se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

Inspecciones Periódicas: La planta estudiada corresponde a un establecimiento industrial de riesgo alto, y, por tanto, según lo que indica la ley 19.587, se deberá realizar una inspección periódica cada dos años.

En dicha inspección deberá comprobarse que:

- No se han producido cambios en la actividad de la planta ni modificaciones.
- Se mantiene la tipología de establecimiento industrial, las zonas de riesgo y el riesgo de cada una.
- Los sistemas de protección contra incendios.

Estación de Bombeo y Suministro de Agua: La planta contará con una estación de bombeo de agua pensada específicamente en caso de incendio. Además, habrá una cuadrilla permanente de bomberos que podrá dar una respuesta rápida ante cualquier inconveniente de este tipo. Ambos se encontrarán cercanos a los focos de mayor riesgo de incendio.

La estación de bombeo contará con dos bombas, una eléctrica y otra diésel, de 258 m³/h cada una y potencia de 100 CV. De ese modo, evitamos que un corte de electricidad debido al propio incendio deje inutilizables los equipos contra incendios.

Los sistemas de bocas de incendio equipadas estarán compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y las bocas de incendio necesarias. Estas se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 m de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización.

Extintores de incendio: Se instalarán extintores de incendio portátiles tipo A, B y C en todos los sectores de incendio del establecimiento industrial, así como también en sectores administrativos y de oficinas.

MATERIALES SÓLIDOS	LIQUIDOS COMBUSTIBLE INFLAMABLE Y GRASAS	MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	METAL COMBUSTIBLES	GRASAS Y ACEITES VEGETALES
Son los fuegos que surgen en materiales combustibles ordinarios o materiales fibrosos, cuya combustión presenta la formación de brasas como: madera, papel, derivado de celulosa, telas, fibras, hule, gomas y plásticos similares.	Son los fuegos que surgen en materiales combustibles derivados de los hidrocarburos, líquidos y gases inflamables como son: aceites, grasas, gasolina, pinturas, ceras, lacas, alquitrón, butano, propano e hidrogeno, entre otros.	Son fuegos que surgen de equipos eléctricos energizados, como son: interruptores, caja de fusibles, aparatos electrodomésticos, entre otros.	Son los tipos de incendio que se declaran en los metales combustibles tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc. A este tipo de incendio no debe arrojarse agua, ya que provoca explosiones.	Son los tipos de incendio que se declaran en los metales combustibles tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc. A este tipo de incendio no debe arrojarse agua, ya que provoca explosiones.

Señales contra Incendio: Estas señales son utilizadas para comunicar claramente la ubicación de elementos para el control de incendios, también son utilizadas para identificar instructivos para el correcto uso y manejo de los extintores.



Principios de extinción

El tetraedro de un incendio



Los cuatro elementos requeridos para un incendio son:

1. Fuente de inflamación (como calor o chispas).
2. Combustible (por ejemplo, metanol).
3. Oxígeno (el aire es una fuente de oxígeno).
4. Reacción química en cadena (combustión que proporciona energía para mantener el incendio).

Prevención de incendios: Rompa el tetraedro eliminando uno de los elementos (especialmente la fuente de inflamación).

La forma de eliminar el incendio provocado es con utilizando uno de los cuatro principios de extinción que actúan sobre cada uno de estos factores:

- **Eliminación del combustible:** Para mantenerse vivo, el fuego necesita de un alimento constante de combustible. Este factor se puede aprovechar para eliminar el fuego privándolo de la fuente constante de este punto del Tetraedro del Fuego. Si el combustible es eliminado, el fuego se extingue al consumirse los combustibles de ignición. La eliminación del combustible se puede conseguir cortando el flujo a la zona de fuego de gases o líquidos inflamables, es decir, eliminando el foco del producto inflamable. También puede conseguirse refrigerando los combustibles alrededor de la zona de fuego.
- **Sofocación del comburente:** Al igual que en el caso anterior, el fuego necesita de un comburente para consumirlo y continuar ardiendo. Como ya se ha comentado, el principal comburente de las instalaciones y de los fuegos industriales en general, es el oxígeno del aire. La eliminación del comburente se puede conseguir cortando el contacto entre el combustible y el aire recubriendo el combustible con un material incombustible, dificultando el acceso de oxígeno fresco a la zona donde se encuentra el fuego o utilizando un gas inerte como el N₂ o el CO₂ para diluir la mezcla de gases y vapores inflamables, haciendo que la concentración de O₂ llegue a niveles por debajo de la concentración mínima necesaria para contribuir al fuego.

- **Enfriamiento de la energía:** Durante la combustión, parte de la energía se disipa en el ambiente y otra parte inflama nuevos combustibles propagando el incendio, por lo tanto, si esta energía no existe, el fuego no será capaz de quemar esos combustibles y se extinguirá. La forma más común de provocar este hecho es arrojando sustancias sobre el fuego que, por descomposición o cambio de estado, absorban energía. El agente más utilizado para estos casos es agua o una mezcla de agua con aditivos, los cuales son los únicos agentes capaces de enfriar notablemente los fuegos, sobre todo si se utiliza de forma pulverizada.
- **Inhibición de la Reacción en cadena:** El cuarto factor del Tetraedro del Fuego es el progreso a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres de las reacciones de combustión. No obstante, esto se puede evitar si los radicales libres son neutralizados antes de su reunificación en los productos de combustión, deteniendo también el progreso del fuego.

Los agentes extintores que se utilizan en estos casos son los halones o sus sustitutos, pues su descomposición térmica provoca la inhibición de la reacción en cadena.

Agentes extintores

Los agentes extintores son aquellas sustancias que se pueden utilizar de forma satisfactoria para apagar un fuego, gracias a sus propiedades físicas o químicas. Los agentes extintores más comunes en la industria se explican a continuación:

- **Agua:** El agua puede utilizarse a chorro o pulverizada. En el primer caso, actúa sobre el fuego por enfriamiento dado su calor específico y su elevado calor latente de vaporización, mientras que en el segundo caso actúa por sofocación, ya que separa al combustible del comburente.
- **Anhídrido carbónico (CO₂):** Este tipo de extintor emplea CO₂ enfriado por descompresión brusca y actúa sobre el fuego por enfriamiento o sofocación, ya que este compuesto químico es más denso que el aire y no es comburente.
- **Polvo convencional o Polvo BC:** Es un agente extintor que se obtiene mezclando diferentes productos, se conoce como polvo químico seco y actúa sobre la reacción de combustión inhibiéndola. Es uno de los extintores más rápidos y eficaces, pero no produce enfriamiento, por lo que el incendio puede reencenderse.

- Polvo polivalente o Polvo ABC: Este tipo de extintor se puede utilizar sobre gran variedad de incendios. Sobre llamas, actúa por catálisis negativa inhibiendo la reacción de combustión y sobre brasas, por refrigeración, ya que se forma una capa de barniz aislante e ignífugo que envuelve el material y lo protege del fuego.
- Polvo especial: Estos extintores son adecuados para combatir fuegos con metales.
- Espuma química: Actúa sobre el fuego por enfriamiento y/o sofocación, ya que aíslan el combustible del oxígeno del aire.
- Espuma física: Actúa sobre el fuego por enfriamiento y/o sofocación, ya que aíslan el combustible del oxígeno del aire.
- Sustituto de halones: Inhiben la reacción de combustión. Son muy apropiados para apagar fuegos eléctricos.

En el cuadro siguiente se muestra la aplicación de cada uno de los tipos de matafuegos en función de las clases de fuego:

	A Agua	AB Espuma	ABC Polvo ABC	BC Dióxido de carbono	ABC Halón
A Sólido	SI Muy eficiente	SI Eficiente	SI Muy eficiente	Poco eficiente	SI Eficiente
B Líquido	NO Es eficiente	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	SI Eficiente	SI Muy eficiente
C Riesgo eléctrico	NO debe usarse	NO debe usarse	SI Eficiente	SI Eficiente	SI Muy eficiente

En todos los casos debe 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.

Se debe realizar control periódico de recargas y reparación de equipos contra incendios, llevar un registro de inspecciones y las tarjetas individuales por equipos que permitan verificar el correcto mantenimiento y condiciones de los mismos.

8.3.1 Bocas de incendios o hidrantes exteriores

Son las bocas de toma de agua externas, de las cuales se puede obtener agua a partir de una red de agua presión a través de una válvula de accionamiento manual y una o varias bocas. Se sitúan en los exteriores de las instalaciones con el objetivo de servir de apoyo a un incendio que ocurre en su interior. Además, deben cumplir las siguientes condiciones: La zona protegida por cada uno es un radio de 40m desde el hidrante, al menos uno de ellos tendrá una salida de 100mm y la distancia entre el hidrante y el límite exterior del edificio debe ser menor de 5m.

Sprinklers o rociadores:

Son regadores automáticos, que forman parte del sistema de extinción de incendios basado en una reserva de agua para el suministro del sistema y una red de tuberías de la cual son elementos terminales. Por norma general se activan al detectar diferentes efectos causados por el fuego, como pueden ser el aumento de la temperatura de la estancia o el humo generado. Todas las zonas con peligro de incendio contarán con rociadores termo sensibles para intentar mitigar de forma automática cualquier inicio de incendio.

Alarmas.

Ciertas zonas deben disponer de alarmas que señalicen cualquier problema o accidente que pueda darse, para así, alertar al personal de la planta y aquellas personas que se encuentren dentro del recinto industrial, con el objetivo de indicar el procedimiento a seguir por las personas que deben solucionar el problema y por aquellas que simplemente deben alejarse de la zona. En el caso de la planta de propilenglicol se destacan las alarmas situadas en las zonas de almacenamiento tanto de materias primas como de productos. Estas zonas están equipadas con unos lugares de acondicionamiento de alarmas a 25 metros de los recipientes. Las alarmas que se utilizan son acústicas y disponen de un sonido identificativo de las alarmas del tipo emergencia.

Salidas de emergencia.

La rápida evacuación de la planta es muy importante sobre todo durante un incendio o cualquier otro accidente, por lo que se deberán instalar salidas de emergencia cada 35 metros en las zonas clasificadas como de bajo riesgo de fuego. No obstante, aquellas zonas clasificadas como zonas de elevado riesgo de incendio, se encontrarán al aire libre, por lo que no tendrán este tipo de medidas.

8.4 Mantenimiento de la operatoria de actuación ante riesgos.

Durante todo el año de trabajo, se realizarán jornadas de formación continuas de los empleados que formaran parte de la brigada de planta, en las que se pondrá en su conocimiento un conjunto

de programas de actuación en diferentes situaciones, así como adiestramiento y protocolos de mando según la responsabilidad específica de cada trabajador siguiendo la jerarquía establecida, revisiones periódicas de los equipos, ejercicios de simulacros, etc. El Plan de Emergencia, se puede dividir en dos fases diferenciadas:

FASE 1

- Información a los trabajadores.
- Formación específica a aquellos trabajadores a los que se les asigna alguna responsabilidad concreta.
- Documentación escrita: folletos, carteles indicadores, manuales, fichas de actuación, etc.
- Simulacros.

FASE 2

- Revisión de los procedimientos.
- Revisión de la organización.
- Revisión de los simulacros realizados.
- Medios de protección.

Protección contra Explosiones:

El principio de la protección integrada contra explosiones exige prever todas las medidas de protección contra explosiones siguiendo un orden predeterminado. Para ello hay que distinguir entre medidas de protecciones primarias y secundarias. Bajo protección primaria contra explosión se entienden todas las medidas que evitan la aparición de una atmósfera explosiva peligrosa.

La protección secundaria contra explosiones se requiere cuando las medidas de protección primarias no excluyan el peligro o, de hacerlo, lo hagan sólo de forma incompleta.

Medidas de protección contra las explosiones:

- Los escapes o liberación, intencionada o no, de vapores, gases, nieblas inflamables o de polvos combustibles que pueda dar lugar a riesgos de explosión deberá ser desviado o evacuado a un lugar seguro. Cuando la atmósfera explosiva contenga varios tipos de gases, vapores, nieblas o

polvos combustibles o inflamables, las medidas de protección se ajustarán al mayor riesgo potencial.

- En caso de escapes de sustancias explosivas, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas o acústicas de alarma y desalojados en condiciones de seguridad antes de que se alcancen las condiciones de explosión. Para ello se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.
- En caso de que un corte de energía pueda comportar nuevos peligros, hay que disponer de un sistema independiente para mantener el equipo y los sistemas de protección en situación de funcionamiento seguro independientemente del resto de la instalación si efectivamente se produjera un corte de energía.
- Deberá poder efectuarse la desconexión manual de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas, siempre que ello no comprometa la seguridad. La energía almacenada deberá disiparse, al accionar los dispositivos de desconexión de emergencia, de la manera más rápida y segura posible o aislarse de manera que deje de constituir un peligro.

8.5 SEGURIDAD EN PLANTA

Preparación para ingreso a tanques

Procedimiento usado para efectuar la preparación de los tanques para realizar la limpieza del mismo. Define los pasos a tener en cuenta para realizar una operación correcta de limpieza y seguridad para el posterior ingreso al tanque. También es usado para el ingreso al tanque en caso de ser necesario el rescate de una persona del interior del mismo, ya sea por un desvanecimiento o accidente durante la ejecución de las tareas.

8.5.1 Riesgos y precauciones

La tabla siguiente muestra la lista de riesgos de trabajo y las precauciones que deben tomarse para prácticas de seguridad, medio ambiente, calidad, y buenas prácticas de manufactura antes de empezar la tarea.

Riesgo	Precaución
<p>Contacto con producto o residuos, que se encuentran dentro del mismo</p> <p>Atmósfera interior contaminada con vapores de químicos</p>	<p>Vaciado y ventilación del tanque con al menos 24 horas de anticipación al ingreso.</p> <p>Verificar el correcto drenado del tanque.</p> <p>Monitoreo de la atmosfera del tanque antes del ingreso de la persona</p> <p>Medición de explosividad todo el tiempo, durante el trabajo dentro del tanque. Detener el trabajo si el detector de explosividad alarma (>0%)</p>
Ingreso de químicos al tanque.	Asegurar la correcta aislación de fuentes de energía
Riesgo eléctrico	<p>La iluminación deber ser menor a 24 voltios o bien utilizar una fuente de alimentación con un interruptor de falla de tierra dispositivo de corriente residual situado fuera del espacio confinado.</p> <p>Los equipos eléctricos deben estar aterrados.</p>
Contaminación del medio ambiente	Realizar los análisis necesarios al agua de lavado antes de disponer de la misma.
Estrés térmico	<p>Tomar descansos frecuentes. Beber líquido suficiente,</p> <p>Suspender el ingreso al espacio confinado si hay alerta térmica.</p>
Desvanecimiento de la persona en el interior del tanque	El vigía y el equipo de rescatistas deben tener una copia del documento en el lugar de vigilancia
Riesgo ergonómico	Mantener postura correcta del cuerpo durante el ingreso y la realización de tareas. Si siente disconforme suspenda la tarea y contacte a servicio médico.
Falta de visibilidad	Asegurar una buena iluminación en la zona, tanto en el interior como en el exterior

No poder extraer a la persona del interior del recipiente	<p>Uso de arnés de seguridad, sogas o linga al exterior el 100% del tiempo.</p> <p>Contar con los brigadistas necesarios.</p> <p>En todo momento habrá vigía en el exterior del tanque, un rescatista estará asignado a este trabajo estando permanentemente en contacto con el vigía a través de una radio</p>
Baja concentración de oxígeno	<p>Al momento del ingreso el nivel de oxígeno debe estar entre 21% $\pm 0,5$ %.</p> <p>Esta concentración debe mantenerse en todo momento y medirse en forma permanente. Utilización de equipos de respiración autónomos con fuente de aire al exterior.</p>
Ventilación inadecuada	Utilizar un soplador que provea 5 renovaciones de aire por hora.
Caída desde altura	Seguir el estándar de trabajo elevado.

8.5.2 Los EPP, herramientas y equipos necesarios para este trabajo

Equipos de Protección Personal	Uso (si es necesario una explicación del uso)
Mameluco tyveck con protección para químicos, botas, guantes de nitrilo puño largo, máscara full fase con filtros multigases	100% del tiempo durante el espacio confinado
Filtros multigases	100% del tiempo durante el espacio confinado y se deberá respetar el tiempo de vida útil que indique el cálculo según el riesgo y grado de exposición

Herramientas/Equipos	Uso (si es necesario una explicación del uso)
----------------------	---

Equipo de iluminación	Si aplicara
Medidor de oxígeno y gases explosivos	Se debe medir continuamente
Radio tipo Handy en canal establecido	Para comunicarse entre vigía y sala de control brigadistas
Camilla de planta	Ubicada en el sector
Chaleco de extracción	Ubicada en el sector
Sogas de por lo menos 1,5 veces el diámetro del tanque	Las sogas deberán estar listas para usar en el caso de un rescate. La cantidad de soga necesaria es igual a la cantidad de personas que ingresan al tanque más 2 (potencial brigadista y camilla).
Equipo autónomo	En caso de ser requerido para el rescate de una persona y que aplique por la medición de la atmosfera gaseosa

8.5.3 Antes de comenzar

- Entrenar al personal involucrado
- Despejar del área de todo personal que no esté involucrado en el trabajo.
- Realizar los permisos de apertura de línea y aislamiento de fuentes de energía correspondientes.
- Se contará con la presencia permanente de un vigía
- Tener en la zona equipo autónomo para el rescate de una persona por deficiencia de oxígeno en la atmósfera
- El vigía debe poseer radio en canal establecido. Verificar el buen funcionamiento de la misma antes de cada ingreso.
- Verificar el estado de todos los equipos y herramientas detallados.
- Realizar un simulacro de rescate para el peor escenario posible.
- Sala de control dará aviso al vigía de los cambios en las alertas según el programa de stress térmico. El vigía comunicará a los ejecutantes sobre las precauciones a tomar según este programa.
- Se debe conocer el teléfono de Emergencias Médicas
- Verificar ART de contratista Comunicarse en caso de accidente con la ART. Cada contratista tiene una tarjeta con esta información disponible en portería.

8.5.4 Consecuencia de desviación.

Tipo de desviación	Consecuencias
No desvincular alguna de las líneas que llegan al tanque.	Exposición a químico.
No utilizar equipos de protección personal.	Lesiones
No colocar tarjetas rojas en el aislamiento	Exposición al producto, impacto medioambiental.
Mal soplado o drenado del producto.	Producto remanente en la línea o equipos.
Mal despresurizado de las líneas o equipos.	Salpicadura de producto en el momento de la apertura.
Imposibilidad de extraer a la persona.	Sufrir una lesión.
No tomar las pausas de acuerdo al programa de estrés térmico	Desvanecimiento. Deshidratación.

8.5.5 Procedimiento

Paso	Acción 2: Ventilación tanque
1	Conectar soplador en boca de sensor de nivel extrayendo aire hacia el exterior del tanque, generando una circulación permanente de aire en el interior del tanque, o conectar ventilador a prueba de chispas
2	Una vez que el personal esté dentro del tanque deben garantizarse 5 renovaciones del volumen total de aire por hora
Paso	Acción 1: Vaciado de tanque
1	Enviar el contenido del tanque a cisternas a granel o envasar en contenedores
2	<p>Cuando ya no sea posible retirar el material utilizando las líneas cerradas se procederá a la apertura del tanque por su boca del hombre horizontal.</p> <p>Previo a esto, proceder a la aislación de fuentes de energía</p> <p>Aislar todas las líneas que entran al tanque siguiendo una de las siguientes metodologías:</p> <p>1) Instalar una placa ciega en cada línea de ingreso</p> <p>2) Efectuar un doble bloqueo de la línea con una purga intermedia.</p>
3	<p>Efectuar la apertura de la boca de hombre.</p> <p>IMPORTANTE: Resetear los lineamientos descriptos en el permiso de apertura de línea realizado</p>

4	Una vez abierta la boca de hombre se terminará de retirar el fluido remanente en el tanque utilizando bombas neumáticas manuales provistas de lanzas las cuales serán introducidas al tanque por el operador desde el exterior del tanque El material retirado será almacenado en contenedores dispuestos para tal fin. Se realizará esta actividad hasta que ya no pueda retirarse más material del tanque debido a la cavitación de la bomba.
5	Desvincular sensor de nivel

Paso	Acción 2: Ventilación tanque
1	Conectar soplador en boca de sensor de nivel extrayendo aire hacia el exterior del tanque, generando una circulación permanente de aire en el interior del tanque, o conectar ventilador a prueba de chispas
2	Una vez que el personal esté dentro del tanque deben garantizarse 5 renovaciones del volumen total de aire por hora

Paso	Acción 3: Ingreso al tanque
1	Establecer previamente un método de comunicación para rescate o solicitud de auxilio para retirar del espacio confinado al ejecutante en caso de emergencia además fijar la ruta de acceso de la ambulancia al sector. Dar aviso al personal de vigilancia para que tengan disponible los datos de ART del personal ingresante.
2	Para las comunicaciones entre el vigía y sala de control usar una radio tipo Handy, probarla antes de comenzar la tarea y hacer llamados cada hora para control de la comunicación
3	Comunicar a los demás sectores de planta, al servicio médico del sitio y a portería que se está accediendo a un espacio confinado
4	Controlar el nivel de oxígeno, ventilar si fuera necesario. Luego Introducir en el tanque el equipo para la medición continua de oxígeno
5	Asegurarse que todos los EPP están correctamente colocados y los sistemas de rescate están operativos según lo definido anteriormente.
6	Antes del ingreso colocar la tarjeta identificadora de la persona que va a ingresar en la boca de entrada. Debe ser visible

7	Ingresa al tanque teniendo una continua comunicación con el vigía, el que deberá asegurarse en todo momento el estado de la persona ingresada.
8	Siempre debe mantenerse un vigía observando el accionar de la persona dentro del tanque. NUNCA debe abandonar este puesto de observación mientras la persona está dentro del tanque, mantener una comunicación verbal, de tal forma que el vigía conozca permanentemente el estado de la persona ingresada. NUNCA DEBE QUEDAR SIN VIGIA LA BOCA DE ENTRADA
9	Establecer el tiempo de permanencia en el trabajo de acuerdo a los riesgos del mismo
10	Cuando la tarea dentro del tanque haya terminado extraer todas las herramientas utilizadas, deberá salir la persona y luego sacar el equipo dejando el equipo de medición de oxígeno dejando el tanque vacío
11	Dejar el sector limpio y ordenado

8.5.6 Protección contra Fugas y Derrames

Los derrames y fugas pueden producirse por:

- A. Inadecuado uso de los recipientes, dando lugar a la liberación descontrolada del producto químico. Éste es uno de los factores de riesgo más comunes de derrames y fugas en instalaciones industriales. Recipientes envejecidos, oxidados, deformados, inadecuados al producto químico contenido, pueden fácilmente, ser causa de derrames por rotura. Estanterías deformadas o con sobrepeso, pilas desequilibradas, pasillos y áreas obstaculizadas por recipientes, transporte incorrecto de recipientes con carretillas automotrices o bidones almacenados en posición horizontal también incrementan el riesgo.
- B. Manipulación incorrecta. Manejo incorrecto de las válvulas de botellas y botellones de gases, grado de llenado inadecuado de recipientes, trasvases o reacciones descontroladas entre sustancias incompatibles son algunos ejemplos de manipulaciones incorrectas.
- C. Instalaciones deficientes. Instalaciones no revisadas, equipos y elementos de control inadecuado o inexistente, no disponer de cubetos o redes de drenajes en lugar seguro y señalización deficiente son también factores de riesgo.

Ante todos estos factores de riesgo debería establecerse un plan de prevención que contemplase lo siguiente:

1. Cumplimiento de la reglamentación vigente, cuando sea de aplicación, especialmente en lo referente a identificación, almacenamiento y transporte de productos químicos. Considerar, igualmente, que la observancia de reglamentaciones relacionadas con los incendios, el medio ambiente, lugares de trabajo, señalización, manejo manual de cargas, equipos de trabajo, etc.
2. Realización de auditorías internas periódicas sobre los factores de riesgo que puede provocar un derrame o fuga.
3. Establecimiento, por escrito, de normas de seguridad y buenas prácticas en los procesos de trabajo. Al igual que se realiza en otros ámbitos de la gestión de la empresa, como es la calidad, es conveniente que los trabajos y procesos que generen riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores sean documentados por escrito. Esto incluye los riesgos de derrame y fuga.
4. Formación e información a los trabajadores. La prevención de derrames y fugas debería incluirse en los programas formativos en prevención en las empresas afectadas.
5. Elaboración de un plan de emergencia para el caso de que la prevención pueda fallar

8.6 Manejo de Derrames

8.6.1 Objetivo

Este procedimiento establece la forma de actuar y define roles y responsabilidades para la prevención y control de derrames de líquidos y/o sólidos que puedan tener potencial impacto ambiental o representen riesgo para la salud del personal o signifique pérdidas materiales para la Compañía. Este procedimiento no incluye las emanaciones de sustancias gaseosas generadas en los procesos.

8.6.2 Definiciones y Abreviaturas

- **Derrame reportable:** Aquel que supere los 5 litros.
- **Pequeño derrame:** Es aquel derrame que no exceda de los 10 Lts. y que no haya alcanzado un desagüe.
- **Derrame importante:** es todo aquel derrame que haya excedido los 10 Lts o siendo menor haya alcanzado un desagüe. Corresponde efectuar una investigación por **causa raíz**.
- **Derrame de proporciones:** Todo aquel que haya excedido de los 100 Lts. haya o no alcanzado algún desagüe. Corresponde efectuar una investigación por **causa raíz**

8.6.3 Responsabilidades

➤ **Gerencia de Planta:**

Asegura que el personal que trabaje con riesgo de derrames este entrenado en su prevención y control y este procedimiento sea aplicado.

➤ **Supervisión en turno:**

Se deberá llenar un formulario para Manejo de derrames, cada vez que se produzca un derrame reportable.

Informar en la oficina de Seguridad e higiene en el caso que un derrame de proporciones, no haya podido contenerse y haya alcanzado un desagüe.

➤ **Líder de turno:**

Se seleccionará un Líder de turno por sector, quien se encargará de mantener el pallet en condiciones operables (en calidad y cantidad).

Solicitar al supervisor el pedido de reposición de los elementos que falten en el pallet ecológico.

➤ **Sector de SySO:**

Visar periódicamente el estado de los elementos de control de derrames y brindar asesoramiento y entrenamiento en su uso.

Investigar los derrames e informarlos

Cualquier persona que detecte un derrame debería reaccionar utilizando los elementos apropiados y dar aviso al supervisor de área.

8.6.4 Método

Toda persona que detecte un derrame:

Tomar acción inmediatamente, tal como se especifica en este procedimiento. (Esta acción puede ser solamente informar al Supervisor)

Definición de Derrame

Se considera derrame toda vez que una sustancia no esté contenida dentro de sus recipientes habituales o designados para tal fin.

Algunos ejemplos pueden ser:

- Un camión que transporta sustancias químicas, con perdida en el tanque o válvula.
- Una cañería o máquina que pierde aceite.
- Un tambor de 200 litros que se rompe y pierde su contenido.
- Perdida de líquido en equipos de calefacción.

Toda persona que detecte un derrame de un producto químico debe evaluar la cantidad o volumen derramado, la fuente de donde proviene, la sustancia de que se trata (para ello utilizar la manera de identificación que tienen las etiquetas del mismo) y su destino, si fuera en un sistema de desagüe debe dar aviso de inmediato indicando claramente esta situación. Siempre tener en cuenta no colocarse en situación de riesgo. Una vez evaluado el volumen del derrame proceder como se indica a continuación. Si la persona que detecta el derrame fuese personal contratado, de otro sector, o no entrenado en este procedimiento, se referirá inmediatamente a un operador estable del sector o a un Supervisor. El Supervisor o jefe del sector o el operario que intervenga procurará como primera acción que el derrame no se extienda.

Utilizará para ello los materiales de intervención existentes en todos los sectores en los llamados “Pallets Ecológicos” y verificará que las válvulas correspondientes a las fosas de contención estén en posición cerradas.

En el momento donde no hay personal de planta, personal de seguridad que realiza la recorrida de rutina también intervendrá en caso de visualizar un derrame dando aviso al supervisor de área y tomará las medidas anteriores detalladas.

Operación de las válvulas de contención: La posición es normal abierta. En caso de detección de derrame, las válvulas deben ser cerradas inmediatamente. Si el líquido cae en la canaleta de contención, deberá ser succionado a través de una bomba neumática.

El líquido deberá ser contenido en un IBC, que luego deberá ser identificado y enviado a destrucción.

8.6.5 Tratamiento común a todos los tipos de derrame

Colóquese los guantes, trajes de protección y la máscara con filtro combinado.

a) En el caso de Ácidos y álcalis:

1. Colectar la mayor cantidad de derrame que sea posible
2. Neutralizar el derrame y limpiar el área con abundante agua
3. Si el derrame ingresó en los drenajes, neutralícelo y agregue abundante agua por la boca del drenaje.

b) Líquidos volátiles no inflamables:

1. Considere la posibilidad de minimizar la generación de vapores por ejemplo usando un cobertor o cubriendo inmediatamente con tierra o materiales absorbentes.
- c) Líquidos inflamables:
1. Se deben tomar medidas para controlar las fuentes de ignición en las áreas afectadas por el derrame.
 2. Si el líquido ha ingresado en los drenajes se debe considerar la escena del derrame como toda la superficie abarcada por los drenajes.
 3. De ser necesaria una bomba para recoger parte del derrame, debe ser del tipo a prueba de explosión, también pueden usarse bombas neumáticas, operadas por agua o manuales.
- d) Sólidos

Se recomienda para sólidos el uso de aspiración localizada para su recolección. De no ser posible seguir la vía húmeda.

➤ **Pequeños derrames** (Menos de 10 litros)

Colóquese los guantes, trajes tyvek y la máscara con filtro combinado.

1. Retire del pallet ecológico la tierra o material absorbente y rodee el derrame para evitar que se extienda, recuerde que debe evitar que el líquido derramado vaya al desagüe,
2. Deje actuar el material absorbente, moviéndolo con la escoba o escobillón hasta que todo el líquido esté absorbido en el material. Utilice la pala ancha para recoger el líquido o el derrame contenido dentro de los cordones.
3. A medida que vaya utilizando los materiales, dispóngalos en las bolsas existentes al efecto en el pallet ecológico y colóquelas dentro de la barrica.
4. Se procederá luego a la limpieza del sector afectado utilizando los medios y productos que defina la Supervisión según el caso.
5. En caso de ser un derrame de material sólido, mójelo levemente después de haberlo rodeado con tierra o material absorbente y proceda como en los puntos 1 a 4.
6. Cuando se haya secado el área se retirará la señalización y se reanudarán las tareas habituales.

➤ **Derrame importante** (Mayor a 10 Lts o que haya alcanzado un desagüe)

Si el derrame excede sus posibilidades de acción personal, dará aviso inmediatamente al

Supervisor o al jefe del Sector.

Si hay más de una persona en el lugar, una permanece actuando para contener el derrame y otra va inmediatamente a dar aviso a la supervisión.

Colóquese los guantes, trajes tyveck y la máscara con filtro combinado.

Si la sustancia fuese nociva, señalizará el lugar o estará alerta para no permitir que ninguna persona sin protección respiratoria o sin EPP se acerque al lugar poniendo en riesgo su integridad. Quedará él mismo a resguardo de respirar o tomar contacto con la sustancia derramada.

Si el derrame es mayor a 10 Lts y no alcanzó ningún desagüe, se rodeará al derrame con el material absorbente del lado con riesgo de alcanzar un desagüe mientras se aguarda la llegada del grupo de emergencias con más material absorbente, con el que rodea el derrame y procede a recogerlo dentro de bolsas.

Se deberá contar en el pallet ecológico un stock suficiente para contener un derrame importante (> 100 Lts).

- **Derrame de proporciones** (Todo aquel que haya excedido de los 100 Lts. haya o no alcanzado algún desagüe)

Si la sustancia fuese nociva, señalizará el lugar o estará alerta para no permitir que ninguna persona sin protección respiratoria o sin EPP se acerque al lugar poniendo en riesgo su integridad. Quedará el mismo a resguardo de respirar o tomar contacto con la sustancia derramada. El jefe de Sector o supervisor determinara, de acuerdo a la sustancia y a las dimensiones del derrame si se procede a la evacuación del sector o total de la planta.

Se rodea al derrame de forma tal de encauzarlo en dirección a las canaletas colectoras para desviar al mismo a la pileta de contención.

- **Vaciado de fosas de contención**

Desde las fosas de contención se toma el contenido derramado por medio de bombas neumáticas y bombas antiexplosivas para el caso de productos contaminados con inflamables, se lo almacena en bines de 1000 L adecuadamente rotulados y luego se lo despacha para su tratamiento de incineración y disposición final de las cenizas.

8.7 Disposición de los residuos.

Los residuos generados y los materiales que no han podido recuperarse deben disponerse como residuo peligroso/especial debidamente rotulados para luego realizar su disposición final de

acuerdo a la normativa legal vigente. Cabe destacar, que los materiales absorbentes adquieren las características de peligrosidad de los líquidos absorbidos. Asimismo, deben disponerse dentro de la categoría de residuos peligrosos/especiales a todos los elementos de protección personal utilizados durante la respuesta ante el derrame. Todo material absorbente utilizado en la toma de un derrame es enviado a incinerar. Si ocurre un derrame sobre el suelo, retirar la tierra contaminada y disponerla como residuo contaminado.

Coloque una etiqueta al residuo, indicando que el material es un derrame de los productos químicos.

Es importante:

- Respetar y cumplir los procedimientos relacionados a prevención y control de derrames.
- Conocer cuáles son nuestros límites, a fin de no exponernos a riesgos mayores que empeoren la situación de emergencia.
- Utilizar correctamente los Elementos de Protección Personal en todo momento, hasta que la emergencia haya terminado.
- Entender que el NO uso de dichos elementos nos expone innecesariamente a un mayor riesgo.

8.7.1 Sistemas de contención

Se deberá contar con cámaras de contención en la planta de producción y el laboratorio

Todas las contenciones cuentan con válvulas que deben estar en posición cerrada.

Rejillas de contención industrial:

Para evitar la acumulación de suciedad, las rejillas serán revisadas cada 6 meses. La gestión de este inciso está a cargo de mantenimiento.

8.8 Manejo de Derrames en Laboratorio.

8.8.1 Objetivo.

El presente tiene por objetivo:

- Garantizar la operación segura al momento de un derrame en el laboratorio.
- Controlar los derrames líquidos que representen riesgo para la salud del personal.
- Controlar los derrames líquidos que puedan tener un potencial impacto ambiental.

8.8.2 Definiciones y Abreviaturas.

Definiciones:

- **DERRAME:** se considera derrame a toda sustancia que no está contenida dentro de su recipiente.
- **DERRAME PEQUEÑO:** es aquel que no exceda de los 10 Lts. y que no haya alcanzado un desagüe.

Abreviaturas:

- **EPP:** Elementos de Protección Personal

8.8.3 Método.

Cuando se produce un derrame nuestra salud y seguridad queda expuesta, es por eso que debemos tener en claro cómo actuar ante un hecho como el que se nombra.

8.8.4 Procedimientos de seguridad ante derrames pequeños

Al momento de detectar un derrame en el sector de laboratorio:

- Alertar a todas las personas del sector de laboratorio.
- Si alguna persona sufrió lesiones, asistirle.
- Si se realiza una reacción química evacuar el sector y notificar a quién corresponda del incidente para tomar las medidas adecuadas

Al momento de controlar el derrame:

- Antes de entrar en contacto con el mismo, colocarse todos los EPP correspondientes.
- Luego colocar el material absorbente sobre toda el área del derrame, hacerlo en círculos desde afuera hacia adentro, es muy importante para evitar que el derrame se extienda en superficie.
- Aguardar hasta que el material granulado absorba todo el líquido, recoger con pala y escoba y depositar en el cesto de residuos sólidos contaminados.
- Si es necesario, luego de lo anterior, ventilar el sector y descontaminar el piso con agua y detergente.
- Luego de haber controlado el derrame y cada vez que se produzca uno, se debe completar el formulario de Manejo de Derrames a modo de reportarlo

Algunas características de los materiales absorbentes.

En el laboratorio se podría disponer del siguiente material absorbente que se comercializa actualmente

Absorbente en gránulos Chemizorb®

Chemizorb® es un material granulado grueso formado por silicatos y minerales (tamaño de grano: >1 mm 95%]; densidad aparente aproximada: 400 kg/m³). Es insoluble en agua y en todos los demás medios líquidos a temperatura ambiente. Al igual que los polvos, los gránulos son apropiados para absorber bases, ácidos y también líquidos de baños calefactores.

Puede absorber hasta el 100% de su propio peso.

Los líquidos con viscosidad baja se absorben de manera instantánea; los medios con viscosidad alta (por ejemplo, glicerina o aceites), en apenas unos minutos

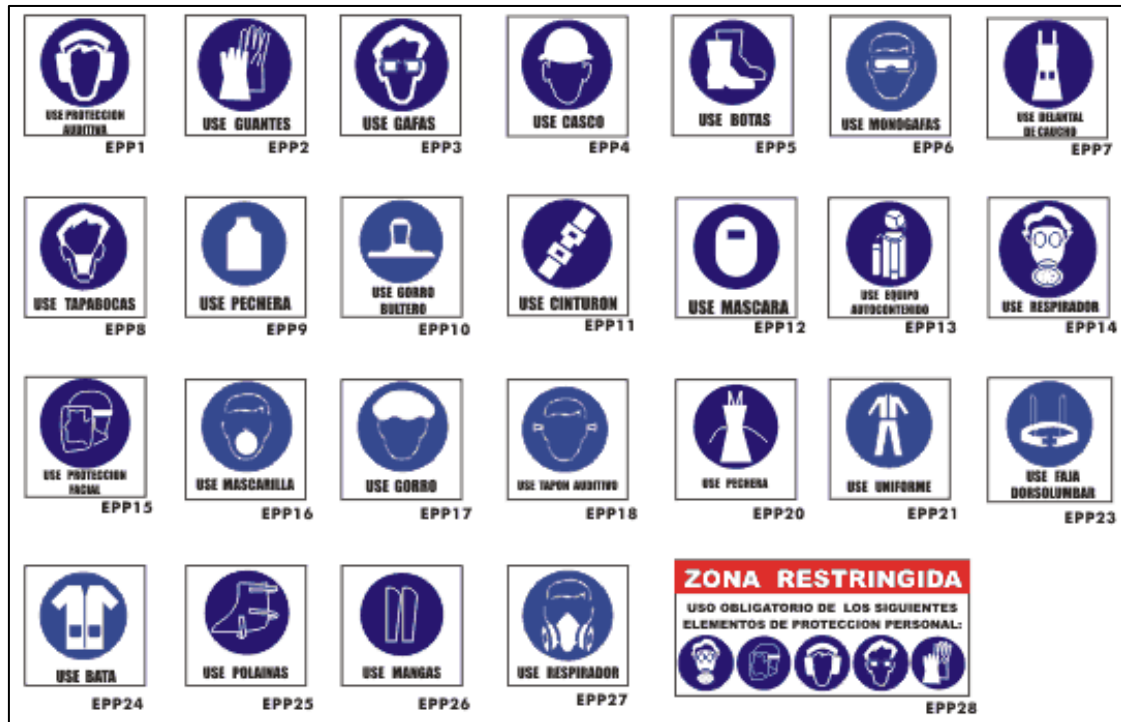
La precisión en la dosificación se logra gracias al formato de grano grueso

La forma granulada se utiliza en todos esos lugares donde la forma en polvo no es apropiada, por ejemplo, en habitaciones donde hay corriente o en intemperie.

8.9 Seguridad del Personal.

Cada trabajador que se encuentre en la planta industrial debe contar con un equipo de protección individual para que lo proteja de los riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud. Este estará conformado por protectores de cabeza, cara, ojos, vías auditivas y respiratorias, manos, brazos y pies.

Además, las instalaciones contarán con señales de elementos de protección personal. Este tipo de señalización significa voz de mando, es decir obligatoriedad para utilizar los elementos de protección personal en la realización de determinados trabajos y/o para el ingreso a ciertas áreas.



- *Protectores de la cabeza*

Cascos de protección contra choques e impactos. Habrá dos por trabajador y se adquirirá, además un stock extra en caso de emergencia o visitas. Será obligatoria su utilización en toda la planta excepto en laboratorios y oficinas.

- *Protectores de la cara y ojos*

- Gafas de montura “universal”: habrá una por trabajador y 10 más para abastecer a posibles visitas. Será obligatoria su utilización en toda la planta excepto oficinas.
- Pantallas para soldadura (de mano, de cabeza, acoplables a casco de protección para la industria).

- *Protector auditivo*

Se dispondrá de protectores auditivos de uso obligatorio en aquellas zonas de planta donde el nivel de ruido supere los 85 dB.

- *Protección de las vías respiratorias*

En aquellos casos donde se deberá manipular o estar cercano a sustancias que desprendan gases o vapores, se proveerá al personal de equipos filtrantes o mascarillas protectoras

- *Protección de manos y brazos*

El personal deberá contar según corresponda con guantes protectores:

- Guantes contra las agresiones químicas.
- Guantes contra las agresiones de origen eléctrico
- Guantes contra las agresiones de origen térmico.

- *Zapatos de seguridad*

Los zapatos de seguridad protegen las partes inferiores del cuerpo delante de cualquier tipo de golpe o desplome de algún objeto pesado. Su uso es obligatorio para todos los trabajadores durante su jornada laboral excepto para aquellos empleados que se encuentren dentro de la zona segura (Oficinas, portería, enfermería, etc.)

- *Protección total del cuerpo*

- Equipos de protección contra las caídas de altura.
- Ropa de protección contra las agresiones químicas. Situados en la zona de producción y almacenamiento de materias primas.

8.10 Estaciones de carga y descarga.

8.10.1 Condiciones físicas.

La plataforma en la que se estacionarán los vehículos para la carga y descarga tendrá una pendiente hacia los sumideros de evacuación, de forma que cualquier derrame accidental fluya rápidamente hacia ellos. El sumidero se conectará con la red de aguas contaminadas o a un recipiente de recogida de capacidad suficiente para contener el presumible derrame.

La estación de carga y descarga de materias primas y producto acabado de la planta tratará con los siguientes productos que se bombearán a los tanques de almacenamiento o al camión cisterna que se llevará el producto final:

- Metanol.
- Glicerol.
- Hidrogeno.
- Propilenglicol.

8.10.2 Señalización específica del área de carga y descarga

En esta zona es especialmente importante que ninguna chispa pueda provocar accidente alguno, por lo que de forma evidentemente visible deberá señalizarse la prohibición del uso de teléfono móvil, el uso de guantes de protección y casco, así como todos los elementos necesarios para evitar cualquier contratiempo que derive en un accidente por pequeño que sea. Además, también se indicará dónde se sitúan y la manera de acceder a los equipos de protección individual que pueda haber en esta zona. Junto a estos equipos, habrá un cartel explicativo en el que, de forma sencilla y visual, se expondrán los principales agentes extintores a los que se tienen acceso y la adecuación de estos al tipo de accidente provocado.

8.11 IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

8.11.1 Introducción

Existen diferentes formas de clasificar las sustancias que se encuentran en una planta. En este apartado se muestra una clasificación en función del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (sga / ghs), que establece las directrices sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.

Las normas de etiquetado y clasificación se han realizado teniendo en cuenta qué propiedades de las sustancias y las mezclas deben conducir a su clasificación como peligrosas, para que sus peligros se identifiquen y comuniquen adecuadamente. Entre dichas propiedades constan: peligros físicos, para la salud humana y el medio ambiente.

La responsabilidad de identificar las sustancias peligrosas y sus peligros, así como las mezclas de la misma naturaleza, es única y exclusiva de los fabricantes, importadores y usuarios intermedios, independientemente de que entren en el ámbito de aplicación del sistema de identidad

El SGA es un sistema de clasificación de productos químicos armonizado internacionalmente. El SGA define los peligros de los productos químicos y los criterios para la clasificación de un producto como peligroso; el resultado de la clasificación se comunica en las etiquetas y en las fichas de datos de seguridad. El objetivo de este sistema es que se adopten y utilicen en todo el mundo los mismos criterios para clasificar y comunicar los peligros.

8.11.2 Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (sga / ghs)

El SGA es un sistema de clasificación de productos químicos armonizado internacionalmente. El SGA define los peligros de los productos químicos y los criterios para la clasificación de un producto como peligroso; el resultado de la clasificación se comunica en las etiquetas y en las fichas de datos de seguridad. El objetivo de este sistema es que se adopten y utilicen en todo el mundo los mismos criterios para clasificar y comunicar los peligros.

El SGA se aplica a productos químicos peligrosos. Los medicamentos, los cosméticos, los aditivos alimentarios y los residuos de plaguicidas en alimentos, regulados por normativas específicas, no entran dentro del alcance del SGA. Los sectores a los que se dirige el SGA son: los trabajadores, los consumidores, los transportistas de mercancías peligrosas y el personal de sistemas de emergencias.

El SGA considera tres grupos de peligros para los productos químicos:

- 1) peligros físicos
- 2) peligros para la salud
- 3) peligros para el medio ambiente

Cada grupo incluye clases de peligro, las cuales describen la naturaleza del peligro. Dentro del grupo de peligros físicos se encuentran clases de peligro como “Líquidos inflamables”, “Explosivos” y “Sustancias y mezclas corrosivas para los metales”, entre otros.

Dentro del grupo de peligros para la salud, se encuentran clases de peligro como “Toxicidad aguda”, “Carcinogenicidad” y “Toxicidad para la reproducción”, entre otros. Dentro del grupo de peligros para el ambiente, se encuentran las clases de peligro: “Peligros para el medio ambiente acuático” y “Peligros para la capa de ozono”.

Dentro de las clases de peligros las categorías representan una gradación en el nivel de peligro que se indica con un número. La categoría más peligrosa lleva el número 1.

8.11.3 Clasificación de los productos químicos

Para cada clase de peligro, el SGA establece las propiedades intrínsecas que deben evaluarse para incluir una sustancia dentro de esa clase.

Por ejemplo, para la clase de peligro “Toxicidad aguda” la característica que se evalúa es la toxicidad de la sustancia, mediante la Dosis letal 50 (DL50); según el valor de la DL50 se incluye la sustancia dentro de la clase y se la categoriza de acuerdo con la siguiente tabla:

Categorías de peligro de toxicidad aguda y los valores de DL50 que definen las categorías respectivas

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
DL50 Oral (mg/kg peso corporal)	5	50	300	2000	5000

Una sustancia cuya DL50 es de 4 mg/kg se clasifica en la categoría 1 de la clase de peligro Toxicidad aguda vía oral.

Los efectos sobre la salud a causa de la toxicidad de las sustancias se basan en datos de toxicidad aguda, crónica y en la irreversibilidad del efecto. Se pueden clasificar las sustancias en: muy tóxicos, tóxicos o nocivos.

La corrosión, también es un factor a tener en cuenta en la clasificación según los efectos sobre la salud. Los efectos de los productos corrosivos se cuantifican según la capacidad que tienen para destruir los tejidos, considerando el tiempo necesario para que se produzca el daño (entre 3 minutos y 4 horas). Los productos fuertemente ácidos o alcalinos se consideran corrosivos sin necesidad de realizar ningún ensayo. Los irritantes también entran dentro de este tipo de sustancias. Los que provocan irritación cutánea se clasifican según el tamaño de los eritemas que provocan en la piel de animales tras periodos máximos de exposición de 4 horas y cuyos efectos persisten al menos 24 h. En cuanto a la irritación ocular, se tienen en cuenta lesiones como: opacidad de la córnea, lesión del iris, enrojecimiento y edema de la conjuntiva. Por inhalación, las observaciones se hacen directamente sobre humanos. Los productos sensibilizantes se determinan a partir de ensayos con animales y se completa con datos epidemiológicos. No obstante, hay productos como los isocianatos, que se consideran siempre sensibilizantes por inhalación. A continuación, se muestra la tabla con los principales problemas en la salud causados por las sustancias y las características a tener en cuenta para la clasificación de estas en cada una de las categorías:

Tabla: Problemas de salud asociados a cada clasificación.

Clasificación	Características a tener en cuenta
MUY TÓXICOS	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
TÓXICOS	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
NOCIVOS	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.

CORROSIVOS	Sustancias que, con tejidos vivos, puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
IRRITANTES	Sustancias no corrosivas, que en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.
SENSIBILIZANTES	Sustancias que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia dé lugar a efectos negativos característicos.
CARCINOGENICOS	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia. Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.
MUTAGÉNICOS	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia
TÓXICOS PARA LA REPRODUCCIÓN	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de estos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora

¿Con qué elementos se comunican los peligros?

Los elementos que utiliza el SGA para comunicar peligros son los pictogramas, las indicaciones de peligro, la palabra de advertencia y los consejos de prudencia.

Indicaciones de peligro

Frases armonizadas que describen los peligros. Para cada categoría dentro de cada clase de peligro existe una frase armonizada. Por ejemplo, para la categoría 1 de la clase de peligro “Toxicidad aguda vía oral”, la indicación de peligro correspondiente es “Mortal en caso de ingestión”.

Consejos de prudencia

Frases estandarizadas que indican acciones a tomar para minimizar o evitar los efectos adversos de la exposición, del manipuleo, del almacenamiento o de la disposición inadecuada de un producto peligroso. El documento recomienda las frases según la clase y la categoría de peligro.

Por ejemplo, para la categoría 1 de la clase de peligro “Toxicidad aguda vía oral” los consejos de prudencia correspondientes son: “Lavarse las manos (y/o partes del cuerpo especificadas por el proveedor o la autoridad competente) cuidadosamente después de la manipulación.”


“No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto.”

“EN CASO DE INGESTIÓN: llamar inmediatamente a un Centro de Toxicología o a un médico.”

“Tratamiento específico (referencia a instrucciones adicionales de primeros auxilios).”

“Enjuagarse la boca.”

Los pictogramas SGA son:

PICTOGRAMAS SGA		
Peligros físicos	Peligros para la salud	Peligros para el ambiente
 explosivo	 mortal/tóxico agudo por ingestión, contacto con la piel, inhalación.	Peligros para el ambiente acuático
 gas a presión	 corrosivo para la piel / lesiones oculares graves	 muy tóxico (peligro agudo)/ tóxico o muy tóxico (largo plazo)
 inflamable	 carcinógeno/ mutágeno/ sensibilizante respiratorio/ peligro por aspiración/ tóxico en órganos diana	Peligros para la capa de ozono
 comburente	 Nocivo por ingestión, contacto con piel, inhalación /irritante cutáneo, ocular o respiratorio/ sensibilizante cutáneo/ narcótico	 destruyen el ozono en la atmósfera superior (enumeradas en anexos del Protocolo de Montreal)
 corrosivo para metales		

Por ejemplo, para la categoría 1 de la clase de peligro “Toxicidad aguda vía oral” el pictograma correspondiente es



Para algunas clases de peligro las categorías de menor grado de peligrosidad no tienen asociado un pictograma.

Etiquetaje de productos y materias primas

Los productos peligrosos serán debidamente etiquetados conforme el reglamento SGA y lucirán visibles las frases de peligrosidad que se muestran a continuación:

- H220: Gases inflamables, categoría 1. Gas extremadamente inflamable.
- H225: Líquidos inflamables, categoría 2. Líquido y vapores muy inflamables.
- H226: Líquidos inflamables, categoría 3. Líquidos y vapores inflamables.
- H251: Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo, categoría 1. Se calienta espontáneamente, puede inflamarse.
- H280: Gases a presión: gas comprimido/licuado/disuelto. Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
- H301: Toxicidad aguda (oral), categoría 3. Tóxico en caso de ingestión.
- H302: Toxicidad aguda (oral), categoría 4. Nocivo en caso de ingestión.
- H311: Toxicidad aguda (cutánea), categoría 3. Tóxico en contacto con la piel.
- H312: Toxicidad aguda (cutánea), categoría 4. Nocivo en contacto con la piel.
- H314: Irritación o corrosión cutáneas, categorías 1A, 1B y 1C. Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- H319: Lesiones oculares graves o irritación ocular, categoría 2. Provoca irritación ocular grave.
- H331: Toxicidad aguda (por inhalación), categoría 3. Tóxico en caso de inhalación.
- H360: Toxicidad para la reproducción, categorías 1A y 1B. Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto.
- H360D: Toxicidad para la reproducción. Puede dañar al feto.
- H370: Toxicidad específica en determinados órganos – Exposición única, Cat. 1. Provoca daños en órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
- H372: Toxicidad específica en determinados órganos – Exposición única, Cat. 2. Provoca daños en órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

¿Dónde se comunican los peligros?

En las etiquetas y en las fichas de datos de seguridad Una sustancia o mezcla clasificada como peligrosa según el SGA, debe estar acompañada de los elementos de comunicación de peligros en la ficha de datos de seguridad y en la etiqueta, de manera que el usuario pueda reconocerlos fácilmente y tomar las precauciones necesarias para el manejo del producto.

¿Cómo se actualiza el SGA?

El SGA es un sistema dinámico. El Comité Internacional para el SGA se reúne dos veces al año para trabajar y actualizar el documento. Las decisiones se toman por consenso entre los países que forman parte del mismo y del cual Argentina es miembro pleno. Se publica una edición revisada cada dos años. La edición revisada vigente está disponible en la página web de las Naciones Unidas.

¿Es de cumplimiento obligatorio?

Es de aplicación voluntaria en cada país. El país que decide implementar el sistema, lo incorpora a su legislación y así su aplicación se hace obligatoria.






Muchos países ya han incorporado el documento a su normativa (Canadá, EEUU, la Unión Europea, Brasil, Chile y Uruguay entre otros). En Argentina, la Resolución 801 de abril del 2015 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo obliga a rotular y confeccionar las fichas de datos de seguridad de los productos químicos según el SGA en el ámbito laboral. Se desarrollaron normas voluntarias para la confección de fichas de datos de seguridad y etiquetado que siguen los lineamientos del SGA (IRAM 41400 e IRAM 41401).

¿El SGA establece pautas para autorizar productos para usos específicos?

No. Las pautas para la autorización para los usos las determina la autoridad de aplicación correspondiente: ej.: SENASA para pesticidas, ANMAT para productos desinfectantes.

A continuación, se muestra una tabla con la correspondencia de frases y sustancias en planta:

Tabla. Relación de frases y sustancias de la planta de producción de propilenglicol

Producto	Pictogramas	fases de peligrosidad	palabra de advertencia
Metanol		H225: Líquidos inflamables H301: Toxicidad aguda H311: Toxicidad aguda (cutánea) H331: Toxicidad aguda (por inhalación) H370: Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única)	Peligro
Glicerol		H319 Provoca irritación ocular grave H361fd Se sospecha que perjudica a la fertilidad.	Atención
Hidrogeno		H220 : Gas extremadamente inflamable. H280 : Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. P210 : Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. – No fumar. P377 : Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro. P381 : Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo. P403 : Almacenar en un lugar bien ventilado.	Peligro
Propilenglicol		H319 Provoca irritación ocular grave.	Atención
Acido Clorhidrico		H290 Puede ser corrosivo para los metales	

8.11.4 Criterio de clasificación según las propiedades fisicoquímicas

La clasificación de las sustancias en función de esta característica se tiene en cuenta los datos obtenidos mediante ensayos. El carácter explosivo o comburente se determina en base a la respuesta del producto frente al choque o fricción o su capacidad de producir una reacción exotérmica sin ayuda de energía o bien en contacto con otros combustibles. Además, se considerará la naturaleza química de la sustancia, diferenciando aquellas con un grupo funcional definido: peróxidos orgánicos que se clasifican como comburentes, por ejemplo. Otra de las características a tener en cuenta es la inflamabilidad de la sustancia, que se clasifica en tres niveles: extremadamente inflamables, como los gases que se inflaman al entrar en contacto con el aire; fácilmente inflamables, como los sólidos susceptibles de inflamarse tras un breve contacto con una fuente de ignición y todos los productos que por reacción con otros puedan desprender gases inflamables o explosivos; y finalmente inflamables. En general, una sustancia se incluirá en una u otra categoría de inflamabilidad según su punto de inflamación o destello y su punto de ebullición.

A continuación, se muestra la tabla que muestra la clasificación en función de las propiedades fisicoquímicas de una sustancia:

Tabla: Clasificación de sustancias según propiedades físicas

Clasificación	Características a tener en cuenta
EXPLOSIVOS	Sustancias sólidas, líquidas, pastosas o gelatinosas que, incluso en ausencia de O ₂ atmosférico, puedan reaccionar exotérmicamente con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.
COMBURENTES	Sustancias que, en contacto con otras, en especial con inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.
EXTREMADAMENTE INFLAMABLES	Sustancias líquidas que tengan un punto de ignición y de ebullición muy bajo, así como aquellas sustancias gaseosas que, a T y P normales, sean inflamables en contacto con el aire
FÁCILMENTE INFLAMABLES	Sustancias que pueden calentarse e inflamarse en el aire a T ambiente y sin aporte de energía. Sustancias sólidas que pueden inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada la fuente. Líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo. Líquidos que desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas, al entrar en contacto con agua o aire húmedo.
INFLAMABLES	Sustancias con un punto de ignición bajo

8.11.4 Seguridad de las Instalaciones

Ventilación:

Los almacenamientos e instalaciones de carga y descarga o transvase dispondrán necesariamente de ventilación, natural o forzada, para evitar que se superen las concentraciones máximas admisibles en las condiciones normales de trabajo.

Señalización:

En el almacenamiento y, sobre todo, en áreas de manipulación se colocarán, bien visible, señales normalizadas, según establece la Ley Nacional 19.587, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, que indiquen claramente la presencia de líquidos tóxicos, además de los que pudieran existir por otro tipo de riesgo. Sobre el recipiente fijo constará el nombre del producto.

Senderos peatonales:

En las zonas de producción, debido al alto riesgo que supone una industria química al trabajar con productos químicos inflamables, se habilitarán pasillos peatonales, debidamente señalizados y ubicados, a seguir por el personal, cuando se dirijan a su puesto de trabajo o se dirijan a otra zona, para evitar que pasen por zonas peligrosas donde su acceso es restringido.

Prevención de derrames:

Para evitar proyecciones de líquido tóxico por rebosamiento tanto de recipientes como de cisternas en operaciones de carga o descarga se adoptarán las siguientes medidas de prevención de derrames:

- En recipientes:

El sistema de protección en recipientes dependerá del tipo de instalación; de modo que se garantice que no haya sobrellenos de los recipientes por medio de dos elementos de seguridad independientes; por ejemplo, indicadores de nivel y alarma independiente de alto nivel. La válvula de bloqueo podrá ser de accionamiento automático o manual.

- En mangueras y brazos de carga:

Se evitará el goteo en los extremos de los mismos. Caso de producirse, se recogerá adecuadamente.

Duchas y lavajos:

Se instalarán duchas y lavajos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, fundamentalmente en áreas de carga y descarga, bombas, sectores de toma de muestras y laboratorios. Las duchas y lavajos no distarán más de 10 metros de los puestos de trabajo indicados.

Botiquines:

Los botiquines pueden ser cualquier armario, caja o maleta que puedan contener los medicamentos y el material sanitario necesario para poder atender y aliviar pequeñas molestias, síntomas leves o trastornos menores, en las condiciones necesarias.

En distintos puntos de la planta, se ubicarán botiquines de primeros auxilios, los cuales estarán en un lugar idóneo con temperatura y humedad poco elevadas y protegido de la luz directa del sol.

8.11.5 Señalización Industrial:

Estas señales se instalarán en un lugar de emplazamiento iluminado, accesible y fácilmente visible ya sea próximo al riesgo, en el objeto a señalar o en el acceso a la zona de riesgo.

- *Señales de advertencia:* Tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía la proximidad y la naturaleza de un peligro difícil de ser percibido a tiempo, con objeto de que se cumplan las normas de comportamiento.



- *Señales Reglamentarias*: Indican prohibición, reglas y/o normas que deben acatarse para evitar situaciones de riesgo.



**Señales Preventivas (PELIGRO)*: Estas señales son utilizadas para indicar situaciones riesgosas, que tienen altas probabilidades de muerte y/o lesiones serias.



- *Señales Preventivas (PRECAUCION):* Estas señales son utilizadas para indicar situaciones riesgosas, con alguna probabilidad de muerte y/o lesiones serias.



- *Señales Preventivas (CUIDADO):* Estas señales son utilizadas para indicar situaciones riesgosas, que podrían en daños menores o moderados.



- *Señales de Emergencia:* Estas señales son utilizadas para demarcar el lugar de elementos necesarios para ayudar a enfrentar una emergencia. También son utilizadas para indicar salidas de emergencias y rutas de evacuación.



- *Instructivos y Planos de Evacuación:* Este tipo de señales es utilizado para proporcionar instrucciones e información vital para el acceso a cualquier área y/o identificación de rutas de evacuación, salidas de emergencia, Ubicación de elementos para enfrentar emergencias, entre otros.



- *Señales de Tuberías:* Este tipo de señalización identifica las tuberías de acuerdo a la Norma internacional **ANSI A13.1 – 2007 (R2013)**, por donde circulan diferentes materiales o sustancias que conviene resaltar con el fin de prevenir accidentes en procesos industriales.

Cuadro 3 Tamaño de Letras de Leyenda		
Diámetro Externo de Cobertura de Tubería, in (mm)	Longitud del Campo de Color, A, in (mm)	Tamaño de Letras, B, in (mm)
3/4 a 1/4 (19 a 32)	8 (200)	1/2 (13)
1 1/2 a 2 (38 a 51)	8 (200)	3/4 (19)
2 1/2 a 6 (64 a 150)	12 (300)	1 1/4 (32)
8 a 10 (200 a 250)	24 (600)	2 1/2 (64)
Más de 10 (más de 250)	32 (800)	3 1/2 (89)

Color Combinations	New Standard ASME A13.1-2007 (R2013)	Old Standard ASME A13.1-1996 (R2002)
White on Red	Fire quenching fluids	Fire quenching materials
Black on Orange	Toxic and corrosive fluids	
Black on Yellow	Flammable fluids	Hazardous Materials Flammable or explosive Chemically active or toxic Extreme temperatures or pressures Radioactive
White on Brown	Combustible fluids	
White on Green	Potable, cooling, boiler feed, and other water	Low hazard materials
White on Blue	Compressed air	Low hazard gases
White on Purple	User defined	
Black on White	User defined	
White on Gray	User defined	
White on Black	User defined	

**Identificación de cañerías según NORMA IRAM 2507*

IRAM 2507: Normativa de seguridad industrial- identificación de cañerías

El sistema de seguridad para la identificación de cañerías se establece en la Norma IRAM 2507. B-

1. Esta especificación establece el sistema de seguridad para la identificación, por medio de colores y leyendas, de los fluidos conducidos por las cañerías, en lugares terrestres de trabajo.

Las cañerías destinadas a conducir productos de servicio se identifican pintándolas en toda su longitud con los colores fundamentales establecidos en la siguiente tabla:

Producto	Color fundamental
Elementos para la lucha contra el fuego (sistemas de rociado, bocas de incendio, agua de incendio, ignífugos, etc.)	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustibles (líquidos y gases)	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Vacío	Castaño
Agua fría	Verde
Agua caliente	Verde con franjas naranja

En las cañerías de gran diámetro puede reemplazarse el pintado total por el pintado de franjas del color establecido en la tabla para el producto circundante.

- **RIESGO A LA SALUD.**

4. EXTREMA: Extremadamente Tóxico. Puede ser fatal a una corta exposición.
3. SERIO: Tóxico. Evite la inhalación o el contacto con la piel.
2. MODERADO: Moderadamente tóxico. Puede ser peligroso si es inhalado o ingerido.
1. LIGERO: Ligeramente tóxico. Puede causar una ligera irritación.
0. MINIMO: Todos los químicos tienen algún grado tóxico.



- **RIESGO DE INFLAMABILIDAD.**

4. EXTREMA: Materiales Extremadamente inflamables que rápidamente se evaporan y se inflaman a temperatura ambiente.
3. SERIO: Materiales que encienden o arden a temperatura ambiente.
2. MODERADO: Materiales que deben ser expuestos a temperatura más alta que la del ambiente para que puedan arder.
1. LIGERO: Materiales que deben ser precalentados para arder o quemarse.
0. MINIMO: Materiales que no se queman.

- **RIESGO DE REACTIVIDAD.**

4. EXTREMA: Capaces de detonar o reaccionar por sí solos a temperatura y presión normales.
3. SERIO: Capaces de detonar mediante golpes o calentamiento.
2. MODERADO: Materiales con posibles cambios químicos (inestables), pero no son detonantes.
1. LIGERO: Materiales estables que pueden ser inestables a temperatura y presión elevadas o pueden reaccionar con agua.
0. MINIMO: Materiales estables normalmente

- **RIESGO ESPECÍFICO.**



ACID

NO APAGAR CON AGUA ACIDO.



OXIDO.

ALK

ALKALINO.



RADIOACTIVO.

8.11.6 Plan de mediciones y monitoreo

Las actividades de seguimiento y medición se realizan con el propósito de identificar cual es la situación y el desempeño de los principales indicadores de Seguridad y Salud Ocupacional, para dar cumplimiento a los requisitos legales relacionados y los objetivos planteados de forma anual.

Las mediciones que se realizaran se pueden dividir en mediciones relacionadas con el cumplimiento legal (ruido, aparatos sometidos a presión, calidad de agua, etc.) y mediciones relacionadas con el desempeño de Seguridad y Salud Ocupacional (conocimiento de las temáticas de seguridad e higiene por parte de los empleados, campañas de investigación internas, enfermedades laborales, etc.)

Para las primeras, la metodología y frecuencia con la que se realiza el seguimiento y medición, así como los registros correspondientes, se realizan de acuerdo con los procedimientos documentados y los requisitos legales que aplican en cada caso. El cumplimiento de las leyes y reglamentaciones de Seguridad y Salud Ocupacional se evaluará mensualmente.

Los indicadores que se utilizan para evaluar el desempeño de Seguridad y Salud Ocupacional son los siguientes:

Indicadores principales.

- Iluminación.
- Ruido.
- Puesta a Tierra.
- Contaminantes Químicos.

Otros indicadores

- Vibraciones.
- Carga Térmica.
- Radiaciones no ionizantes.
- Ventilación.
- Otros.

La frecuencia de las mediciones será anual para los indicadores principales.

Para otros indicadores se establecerá una frecuencia especial, dependiendo de la necesidad de los sectores y el criterio técnico de Seguridad y Salud Ocupacional.

8.12 Permisos de trabajo

Para todas aquellas tareas que no se encuentren dentro de la operatoria normal de la planta, se deberá realizar un Análisis Preliminar de Riesgos (APR), el cual permite identificar de antemano los peligros y riesgos potenciales en una obra / trabajo a realizar, antes de que la misma comience. También, permite tomar conciencia de los riesgos potenciales en el desarrollo de una actividad y prever los elementos necesarios antes de realizar la obra / trabajo, para desarrollarla con seguridad y eficiencia, y reforzar la cultura de la Seguridad.

Este formulario será revisado y aprobado por el sector de Seguridad Industrial, y en función de los riesgos identificados, se deberán autorizar los permisos de trabajo pertinentes, a saber:

- Permiso de trabajo en altura.
- Permiso de trabajo en caliente.
- Permiso de trabajo en frío (para trabajos con productos inflamables).
- Permiso de trabajo en espacio confinado.
- Permiso de excavación.
- Permiso de carga.

Además, se deberán realizar los check lists de todos los equipos y herramientas necesarios para desarrollar la tarea, con el objetivo de asegurar su correcto estado y funcionamiento. Por ejemplo, check list de arnés de seguridad, soldadora, moladora, sierra, martillo neumático, entre otros.

8.13 SEGURIDAD RELATIVA AL HIDROGENO

8.13.1 Propiedades del hidrógeno líquido

- *Incoloro, Inodoro: El vapor frío puede causar daños en el pulmón.*
- *Líquido ligero: la densidad relativa a la del agua es de 0.07.*
- *Pero los vapores fríos son más pesados que el aire*
- *Temperatura del líquido hirviendo a presión atmosférica: 253°C (20°K, - 423°F)*
- *Cociente de vapor a líquido: 850 veces*
- *Altamente inflamable.*

8.13.2 Consideraciones en las instalaciones.

Prevenir fuegos o explosiones de hidrógeno

Evitar fugas de hidrógeno:

- Identificar las zonas donde puede haber riesgo de atmósfera explosiva.
- Chequear regularmente posibles fugas.
- Buen diseño y mantenimiento.

Evitar fuentes de encendido:

- No fumar, no provocar chispas.
- Puesta a tierra.

Evitar el oxígeno:

- Purgando con nitrógeno los circuitos de hidrógeno

8.13.3 Limitar las consecuencias de las fugas de H₂.

Una fuga puede:

- Arder y la llama puede alcanzar a equipos y personal
- Formar una nube al aire libre y prender si el hidrógeno alcanza una fuente de energía cuando ésta no ha sido suficientemente apagada (encendido retrasado)
- Acumularse en un espacio confinado y luego prender provocando una fuerte explosión

Principales medidas de seguridad:

- Siempre que sea posible cerrar la fuente en caso de fuego o fuga.
- Monitorizar todos los espacios confinados de hidrógeno donde puede haber riesgo de fugas de hidrógeno.
- Llevar detectores portátiles de hidrógeno en todas las áreas donde puede haber riesgo de fugas de hidrógeno.
- Llevar ropa ignífuga.

8.13.4 Infalibilidad del Hidrogeno

Fuegos del hidrogeno.

- La llama de hidrógeno no es directamente visible.
- Muy ruidoso al encenderse.
- Las llamas de hidrógeno pueden quemar con un fuerte viento y se alargan muchos metros fuera de la fuente.
- La llama de hidrógeno es difícil de extinguir porque el fuego se reinicia fácilmente en el aire debido al calor.
- Una energía muy pequeña es suficiente para prender el hidrógeno.
- Un venteo de hidrógeno puede formar una bolsa, la cual puede rápidamente y de repente prender en el aire.
- Inflamabilidad límite en el aire: 4% a 75 %.
- Inflamabilidad límite en O₂: 4% a 94 %.

8.13.5 Consideraciones del diseño de venteos

Reunir venteos y dispositivos de salida de seguridad en el exterior en un área segura (diámetro limitado de las tuberías para evitar entrada de aire).

- Los venteos se orientarán hacia arriba
- Fuera de las áreas de personal, fuentes de ignición, equipos eléctricos (incluso si son a prueba de explosiones), entradas de aire, aberturas de edificios.
- Suficiente altura para evitar la radiación térmica, si el venteo se prendiera.

Dependiendo del tamaño de la tubería y el flujo de salida:

- Mínima altura del venteo: 3 m
- Mínimo 1 m sobre el equipo adyacente y mínimo 1,5m sobre el tejado.

8.13.6 Compatibilidad de los materiales con el hidrógeno

SE PUEDEN USAR

- *Acero Inoxidable 316.*
- *Cobre.*
- *Latón.*
- *Aluminio.*
- *Cu-Be (Invar).*
- *Muchos plásticos (de baja permeabilidad, preferiblemente Nylon y Zytel).*

PROHIBIDOS

- Acero de alta fuerza (según NI 310).
- SS 304, SS 321, otros.
- Mólne.
- Aleaciones de Níquel.
- La mayoría de los plásticos debido a su alta permeabilidad.

8.13.7 Reglas de operación

- ¡NO FUMAR! ¡NO ENCENDER FUEGO!
- NO USAR EL MOVIL.
- Use únicamente herramientas que no produzcan chispas.
- Puesta a tierra de SR y cestas.
- Identificar las zonas donde puede haber riesgo de atmósferas explosivas.
- Chequear regularmente por si hay fugas.
- Usar detectores portátiles de hidrógeno.
- Los venteos deben ser hechos en un área de seguridad y en una dirección segura.
- No ventear en espacios cerrados.

Para los trabajos de mantenimiento en sistemas de H₂:

- Aislé los circuitos con doble bloqueo y purga de válvulas.

- Purgue con gas inerte (nitrógeno).
- Antes de poner el circuito de H_2 de nuevo en servicio, eliminar el aire con una purga de N_2 .

Precauciones de diseño

- Identificar las zonas con riesgo de atmósferas explosivas (ATEX).
- El equipo eléctrico será a prueba de explosión o intrínsecamente seguro o purgado (zonas ATEX).
- Prevenir las fugas prefiriendo conexiones soldadas.
- Separar físicamente H_2 /circuitos oxidantes.
- Purga de equipos de proceso: usar nitrógeno, no aire de instrumentos.
- Reunir venteos y purgas en áreas de seguridad.
- Aislar con doble bloqueo y venteo, con circuitos de purga e inertización.
- Compruebe el contenido de oxígeno en la entrada del compresor, disparar si la presión en la entrada es demasiado baja o el contenido en oxígeno demasiado alto (entrada de aire atmosférico).
- Instale detectores de H_2 en los accesos a interiores y en los espacios confinados donde pueda haber riesgo de fugas de H_2 .
- Usar solo materiales compatibles con el hidrógeno.

8.14 SEGURIDAD RELATIVA AL METANOL

Al ser considerado como inflamable de primera categoría, las condiciones de almacenamiento y transporte deberán ser extremas. Está prohibido el transporte de alcohol metílico sin contar con los recipientes especialmente diseñados para ello.

Las áreas donde se produce manipulación y almacenamiento de metanol deberán estar correctamente ventiladas para evitar la acumulación de vapores. Además, los pisos serán impermeables, con la pendiente adecuada y con canales de escurrimiento. Si la iluminación es artificial deberá ser antiexplosiva, prefiriéndose la iluminación natural. Así mismo, los materiales que componen las estanterías y artefactos similares deberán ser anti chispa. Las distancias entre el almacén y la vía pública serán de tres metros para 1000 litros de metanol, aumentando un metro por cada 1000 litros más de metanol. La distancia entre dos almacenes similares deberá ser el doble de la anterior.

El metanol, como todos los alcoholes es tóxico y venenoso.

8.14.1 Datos importantes del metanol.

- **Estado físico; aspecto:** Líquido incoloro, de olor característico
- **Peligros físicos:** El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.
- **Peligros químicos:** La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo monóxido de carbono y formaldehído. Reacción violentamente con oxidantes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al plomo y al aluminio.
- **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 rápidamente una concentración nociva para el aire.
- **Efectos de exposición corta:** La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a una pérdida del conocimiento. La exposición por ingestión puede producir ceguera y sordera. Los efectos pueden aparecer de forma inmediata.
- **Efectos de exposición prolongada:** El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a dolores de cabeza persistentes y alteraciones de la visión.

Hay cinco consideraciones importantes al manipular el metanol:

- I. El metanol es un líquido fácilmente inflamable que arde y a veces estalla en el aire.
- II. El peso molecular del vapor de metanol es marginalmente mayor (más denso) que el del aire (32 frente a 28 gramos por mol). Como consecuencia de eso, y dependiendo de las circunstancias de una fuga o un derrame, el metanol líquido se acumulará y el vapor puede migrar a espacios cerca del suelo y acumularse en áreas estrechas y bajas. Se espera que el vapor de metanol, al estar cerca de la flotabilidad neutral, se disipará inmediatamente de los lugares ventilados. No espere que se disipe de lugares sin ventilar como alcantarillas y espacios cerrados. Si se inflama, la llama del vapor de metanol puede retroceder hasta su fuente.

- III. En ciertas circunstancias específicas, el vapor de metanol puede estallar en vez de arder al inflamarse. Los recipientes de metanol están sujetos a una explosión de vapores en expansión de líquidos en ebullición al calentarse externamente.
- IV. El metanol es una toxina; la ingestión de una pequeña cantidad (entre unos 30 y 60 mililitros) puede causar la muerte; se sabe que cantidades menores causan ceguera irreversible. El metanol se absorbe por la piel y otros tejidos pasando directamente a la corriente sanguínea.
- V. El metanol es totalmente miscible con agua y retiene su inflamabilidad incluso a concentraciones de agua muy altas. Una solución del 75% de agua y 25% de metanol en volumen se considera un líquido inflamable. Esto tiene consecuencias importantes para la lucha contra incendios.¹ El metanol es un disolvente químico, que tiene implicaciones importantes para la selección de materiales y también para la lucha contra incendios.

8.14.2 Primeros auxilios.

- **Inhalación:** Trasladar al afectado a una zona de aire fresco. Si la respiración es dificultosa practicar respiración artificial o aplicar oxígeno. Solicitar asistencia médica.
- **Ingestión/Aspiración:** Si la persona afectada está consciente darle de beber agua. No inducir el vómito. No dar nada oralmente si el afectado está inconsciente o con convulsiones. Solicitar asistencia médica urgente.
- **Contacto piel/ojos:** Quitar las prendas y calzado contaminados. Lavar la parte afectada con abundante agua durante al menos 20 minutos. Solicitar asistencia médica.
- **Medidas generales:** Solicitar asistencia médica

8.14.3 Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.

- **Precauciones para el medio ambiente:** Evitar los vertidos al alcantarillado y cauces públicos.
- **Precauciones personales:** Evitar el contacto con el líquido y la inhalación de vapores del producto.
- **Detoxificación y limpieza:** Eliminar todas las fuentes de ignición; evitar chispas, llamas o fumar en la zona de derrame. El agua pulverizada puede reducir los vapores. Absorber el material vertido en arena seca u otro material inerte y depositarlo en contenedores cerrados para su posterior eliminación.

- **Protección personal:** En presencia de vapores, usar máscara de protección respiratoria. Gafas de seguridad, guantes impermeables u otras prendas protectoras para evitar el contacto con el producto.

8.14.4 Control de derrames y contención de fugas.

En todas las áreas en las que se manipule, se almacene o se use metanol, se debe disponer de equipos contra derrames. Un juego completo para derrames debe incluir lo siguiente:

- a) Varios tipos y tamaños de materiales absorbentes (vermiculita o carbón activado, esponjas absorbentes).
- b) Pala de plástico (que no produzca chispas) para dispersar los materiales absorbentes.
- c) Cinta de precaución amarilla u otros dispositivos de barrera para aislar el área.
- d) Barril o recipiente para el material de desecho recogido.
- e) Dispositivos de comunicación de emergencia como teléfonos móviles o radios transmisoras a prueba de explosiones.

Los equipos de protección personal para los bomberos externos deben incluir lo siguiente como mínimo:

- a) Gafas y máscaras contra salpicaduras de productos químicos
- b) Guantes de butilo o nitrilo.
- c) Botas de caucho.
- d) Uniformes resistentes a los productos químicos.
- e) Nunca se deben usar mascarillas antigás para purificar el aire con cartuchos de vapor orgánico como protección contra vapores de metanol.
- f) Múltiples extintores de incendios
- g) Botiquines industriales de primeros auxilios.
- h) Se deben colocar en las proximidades estaciones de duchas de cuerpo completo y lavaojos que suministren 15 minutos de agua para descontaminar al personal expuesto.
- i) Suministro amplio de agua potable para lavarse y beber.
- j) Vehículos adecuados para transporte de emergencia.
- k) Siempre que sea posible, debe evitarse que el metanol derramado penetre en alcantarillas o desagües, que comprenden espacios sujetos a explosiones, y donde el líquido podría llegar a arroyos, ríos, lagos o mares. De ser posible, los recipientes que tengan fugas se deben

retirar al aire libre o a alguna área aislada y bien ventilada, donde el derrame pueda contenerse y el líquido pueda transferirse sin peligro a un recipiente apropiado. El líquido libre debe acumularse o transferirse únicamente con bombas a prueba de explosiones, recipientes conectados a tierra y puestos a masa, y herramientas resistentes a chispas.

- l) Los derrames en terrenos pavimentados o de tierra deben contenerse rodeando el líquido con barreras mecánicas o químicas como arena.

8.14.5 Medidas de lucha contra incendios

Medidas de extinción: Espuma anti alcohol, polvo químico seco, CO₂ y agua pulverizada.

Contraindicaciones: NO UTILIZAR NUNCA CHORRO DE AGUA DIRECTO.

Productos de combustión: CO₂ y CO (en combustión incompleta), formaldehído y metanol no quemado.

Medidas especiales: Mantener alejados de la zona de fuego los recipientes con producto. Enfriar los recipientes expuestos a las llamas. Si no se puede extinguir el incendio dejar que se consuma controladamente. Consultar y aplicar planes de emergencia en caso de que existan.

Peligros especiales: Líquido fácilmente inflamable. Los vapores forman mezclas explosivas con el aire y se puede inflamar en presencia de calor, llamas, chispas y electricidad estática. Los vapores pueden desplazarse hasta fuentes remotas de ignición e inflamarse. Los contenedores pueden explotar con el calor del fuego. Peligro de explosión de vapores en interiores, exteriores y en conductos. Vertido a drenajes o alcantarillas puede inflamarse y explotar.

Equipos de protección: Prendas para lucha contra incendios resistentes al calor. Cuando exista alta concentración de vapores o humos utilizar aparato de respiración autónoma

Detección y protección contra incendios

La detección temprana de los incendios de metanol requiere tecnología distinta a la detección temprana de los incendios de gasolina y diésel. Si la inflamación del metanol se produce durante las horas del día, es poco probable que se detecte el incendio visualmente hasta que se propague a materiales adyacentes que emiten llamas luminosas o un penacho de humo visible. Se dispone de dos tecnologías de instrumentación para la detección temprana de un incendio con metanol. Lo primero es la detección de vapor. Si una fuente de metanol emite grandes cantidades de vapor, es sólo cuestión de tiempo antes de que se produzca la inflamación y el retorno de llama. Con suerte,

La fuente de vapor puede aislarse y mitigarse antes de que se inflamen los vapores. La segunda tecnología es la formación de imágenes térmicas, que se han usado durante muchos años para identificar puntos calientes y conexiones sueltas en sistemas eléctricos. Funciona bien en incendios de metanol.

La respuesta inmediata es el segundo objetivo. El metanol tiene una baja temperatura de llama, que, en combinación con llamas no luminosas, reduce sustancialmente el índice de flujo térmico radiante. La baja temperatura de llama combinada con un bajo flujo térmico radiante permite a los bomberos aproximarse más al incendio que lo que sería posible con un incendio de gasolina o diésel. Este hecho proporciona ventajas y desventajas. La ventaja es que los incendios pequeños pueden atacarse con extintores portátiles. Las desventajas son que puede ser difícil determinar la ubicación y la intensidad (índice de combustión) del incendio. Para hacer una determinación razonable, es necesario usar un dispositivo de formación de imágenes térmicas.

Los incendios de metanol requieren procedimientos especiales:

El metanol es 100% miscible en agua; una mezcla de 75% de agua y 25% de metanol es un líquido inflamable capaz de mantener la combustión.

El metanol tiene una mayor afinidad por el agua que la gasolina. En presencia de agua, el metanol en los combustibles de mezcla de metanol y gasolina se separa de la gasolina en una fase pesada de metanol y agua, que se forma debajo de la gasolina. Esta situación puede ser muy traicionera en un tanque de almacenamiento. Las mezclas de metanol requieren medidas especiales para evitar el vuelco térmicamente inducido del tanque y una subsiguiente explosión del tanque. No use agua como supresor en incendios de combustibles con metanol. Use solamente espuma compatible con el alcohol resistente a las altas temperaturas, como espuma de fluoroproteína formadora de una película, específicamente una espuma acuosa formadora de película resistente al alcohol

Para pequeños incendios con metanol puro o casi puro, se puede usar agua como supresor. No obstante, el agua debe aplicarse en forma de neblina o rociado de gotas finas, y debe haber un espacio libre suficiente para aumentar el volumen de la solución de metanol y agua por un factor de cuatro. De lo contrario, el volumen del agua necesaria para suprimir el incendio puede hacer que se propague el incendio.

Si se usa la espuma como supresora, entonces la espuma debe ser una espuma compatible con alcohol. De lo contrario, la propiedad disolvente del metanol atacará y destruirá la espuma.

El metanol es un disolvente polar fuerte. Muchos plásticos y telas sintéticas se ablandan y se degradan rápidamente cuando se ponen en contacto con el metanol

8.14.6 Manipulación y almacenamiento y transporte

Manipulación:

Precauciones generales: Llevar equipos de protección adecuados, para evitar el contacto o la inhalación prolongada de vapores. No fumar, comer y beber durante la manipulación del producto. Eliminar todas las posibles fuentes de ignición del área de manejo y almacenamiento del material; evitar chispas, llamas, electricidad estática. Para el trasvase utilizar equipos conectados a tierra.

Condiciones específicas: Sistema de ventilación local eficiente.

Uso Específico: Síntesis química. Disolvente industrial.

Transporte en camiones cisterna: El transporte de metanol en camiones cisterna está básicamente sujeto a las mismas precauciones que se aplican de forma rutinaria al transporte de gasolina.

Almacenamiento

El metanol debe almacenarse en recipientes de acero al carbón, rodeado de un dique y con sistema de extinguidores de fuego a base de polvo químico seco o dióxido de carbono, cuando se trata de cantidades grandes. En el caso de cantidades pequeñas, puede manejarse en recipientes de vidrio.

El almacenamiento de metanol está básicamente sujeto a las mismas disposiciones que el almacenamiento de la gasolina. Por lo general, el metanol se almacena en zonas de tanques que consisten en tanques exteriores con techos flotantes y tanques menores flotantes con deflectores internos. Los tanques deben estar conectados a tierra para evitar los peligros relacionados con las descargas de electricidad estática. El control de inflamación puede ser una atmósfera de nitrógeno, gas natural o por designación de una zona de peligro con control de inflamación. Ya que el metanol se almacena comúnmente con otros disolventes y materias primas, todas las tuberías y válvulas que puedan estar en contacto con metanol deben etiquetarse sistemáticamente y se debe indicar el sentido del flujo. Todos los materiales de almacenamiento, incluidas las cajas y los barriles, requieren que haya bermas y ventilación adecuada.

El metanol arde con una llama no luminiscente, que puede ser invisible a la luz solar brillante.

Los equipos eléctricos en las cercanías de áreas de almacenamiento y manipulación de metanol deben ser a prueba de explosiones

Temperatura y productos de descomposición: A altas temperaturas el producto se descompone produciendo humos tóxicos e irritantes.

Reacciones peligrosas: Reacciona explosivamente con cloroformo+metóxido de sodio. Reacciona violentamente con materiales oxidantes, cloroformo+hidróxido de sodio o potasio

Condiciones de almacenamiento: Recipientes correctamente cerrados y etiquetados. Almacenar en lugares frescos y bien ventilados, alejado de oxidantes, materiales incompatibles y fuentes de ignición. No fumar en la zona de almacenamiento.

Materiales incompatibles: Materiales oxidantes. Evitar el contacto con acetaldehído, óxido de etileno, isocianatos y metales activos

Sistemas de alivio de presión: La presión interna del tanque puede controlarse por medio de válvulas de alivio de presión y vacío. Los respiraderos pueden configurarse con o sin apaga llamas, dependiendo de las circunstancias específicas. No obstante, se prefiere la configuración con apaga llamas.

Condiciones de almacenamiento: La atmósfera de nitrógeno tiene la ventaja adicional de preservar la pureza del metanol. El nitrógeno seco es el gas preferido para formar una atmósfera de gas inerte. El gas inerte no debe contener dióxido de carbono, para así evitar la corrosión en presencia de aire húmedo y evitar la contaminación del producto, la cual podría aumentar la acidez y corrosividad del metanol.

Materiales incompatibles: Materiales oxidantes. Evitar el contacto con acetaldehído, óxido de etileno, isocianatos y metales activos. El metanol corroe las aleaciones de aluminio

Conexión a tierra

La conexión a tierra es especialmente importante para proteger al metanol contra la inflamación accidental que puede resultar de descargas de electricidad estática. El metanol es un compuesto polar que conduce la electricidad. En general, no se espera que el almacenamiento de metanol acumule carga estática. No obstante, circunstancias como un tanque con un revestimiento no conductor pueden cambiar la velocidad de acumulación de carga. Se recomienda que las cintas de conexión a tierra estén equipadas con pinzas de sujeción con punta de carburo, con el fin de asegurar el contacto eléctrico a través de recubrimientos superficiales no conductivos como la pintura. Los tanques y los recipientes de almacenamiento deben tener un sistema de llenado con tubo profundo como protección contra la inflamación accidental provocada por la electricidad

estática generada debido a la caída de líquido por el aire. Se requiere conexión a tierra para los sistemas de alumbrado, portadores de tuberías, bombas, recipientes, filtros y el resto de los equipos que estén cerca y potencialmente dentro del alcance del vapor de metanol. Las torres altas y otros equipos donde puedan caer rayos deben estar equipados con pararrayos. Las mangueras deben tener una conexión a tierra. En situaciones de carga y descarga de metanol, la posibilidad de que se generen chispas debido a la acumulación de electricidad estática es menor que con materiales como el diésel con bajo contenido de azufre. El metanol no acumula electricidad estática. La conductividad eléctrica del metanol es relativamente alta en comparación con la de la mayoría de los materiales combustibles

Se debe tener cuidado con lo siguiente:

- Los teléfonos móviles pueden inflamar vapores de gasolina, etanol, metanol, propano y gas natural comprimido (CNG).
- Los teléfonos móviles que se iluminan cuando se encienden o cuando suenan desprenden suficiente energía como para producir una chispa que pueda inflamar los vapores de hidrocarburos.
- No se deben usar teléfonos móviles (deben mantenerse apagados) en estaciones de llenado de combustible, en terminales de combustible o en embarcaciones, o al reabastecer de combustible recipientes portátiles, cortadoras de césped, etc.
- No se deben usar teléfonos móviles (deben mantenerse apagados) cerca de materiales que generen gases inflamables o explosivos (por ejemplo, disolventes, productos químicos, gases).

Zonas de tanques

Los tanques suelen estar sobre la superficie y las tuberías están tendidas sobre la superficie y en portadores de tuberías. En general, la protección contra incendios para tanques de gasolina es suficiente para los tanques de metanol, siempre y cuando se tengan precauciones adicionales para la detección de fugas, peligros tóxicos y disponibilidad de espuma de supresión de incendios compatible con el alcohol.

Contenedores portátiles (cajas y barriles)

Se debe consultar con los proveedores en lo referente a la aplicación y circunstancias de uso previstas antes de firmar un contrato de ventas.

En lo posible, el metanol debe almacenarse y usarse en un área especial, específicamente demarcada y correctamente etiquetada. Dicha área debe contar con medidas de seguridad fácilmente disponibles a los empleados que trabajen en ella. El área debe designarse como un área peligrosa y se debe disponer inmediatamente de medidas de protección en el caso de derrames, exposición e inflamación.

El área designada para la manipulación del metanol debe estar equipada con una alarma sonora efectiva, que pedirá ayuda de manera oportuna.

Control de exposición.

Siempre que sea posible, bombee automáticamente el metanol líquido de barriles u otros recipientes de almacenamiento a recipientes de procesamiento para mantener el potencial de exposición a un mínimo. El metanol siempre se debe mantener dentro de sistemas cerrados y no se debe dejar abierto a la atmósfera

Ventilación.

El sistema de ventilación del edificio debe proporcionar aire fresco para la operación normal y debe tomar en consideración la posibilidad de una fuga. En algunos casos podría ser adecuada la ventilación natural; en otros, deberán proporcionarse sistemas mecánicos de ventilación. Los requisitos de ventilación deben determinarse según el sitio específico, pero la meta final es asegurarse de que las concentraciones de metanol en el aire se mantengan por debajo de 200 ppm. Cuando sea posible, encierre las operaciones y utilice ventilación local de escape adecuada en el sitio de transferencia, uso o fugas de metanol. El tipo de ventilación dependerá de factores como espacios de aire muerto, temperatura del proceso de metanol, corrientes de convección y sentido del viento. Se deben considerar estos factores al determinar la ubicación, el tipo y la capacidad de los equipos. Si se usa ventilación mecánica, se deben instalar ventiladores a prueba de chispas.

Supervisión de la exposición.

El metanol tiene un ligero olor dulce a alcohol, pero no se nota antes de llegar a una concentración de al menos 2000 ppm, que es diez veces superior al límite seguro de exposición a los seres humanos (200 ppm). Debido a que el olor de metanol en sí es un mal indicador de la concentración, es fundamental determinar una medida cuantitativa de exposición. Esto es necesario para garantizar la seguridad de la salud de los trabajadores y para determinar el cumplimiento de todos los reglamentos aplicables. Las concentraciones de vapor de metanol pueden medirse por medio

de tubos de detección de gas de lectura directa (como los tubos de detección colorimétrica) o con instrumentos electrónicos (como los monitores portátiles de gas). Los monitores de gas pueden proporcionar una lectura continua de concentraciones de metanol y se les pueden especificar alarmas a concentraciones específicas. También se puede medir el promedio de ponderación en el tiempo (TWA) de las concentraciones de exposición personal por medio de una bomba de muestreo de aire con tubos absorbentes de gel de sílice (dióxido de silicio).

8.14.7 Controles de exposición/ protección personal

Equipos de protección personal:

- *Protección ocular:* Gafas de seguridad o protección facial para evitar salpicaduras.
- *Protección respiratoria:* En presencia de altas concentraciones de vapores, usar máscara de protección respiratoria.
- *Protección cutánea:* Guantes, ropa y calzado apropiado.
- *Otras protecciones:* Sistema lava-ojos y duchas en el lugar de trabajo.

Precauciones generales: Ventilación local adecuada. Evitar cualquier fuente de ignición, altas temperaturas, chispas, llamas, electricidad estática. Evitar el contacto con la piel o los ojos y la inhalación de vapores.

Prácticas higiénicas en el trabajo: No fumar, comer o beber en zonas de manipulación o almacenamiento del producto. Seguir las medidas de cuidado e higiene de la piel, lavando con agua y jabón frecuentemente y aplicando cremas protectoras.

Ropa y materiales resistentes a productos químicos. Entre los materiales resistentes a sustancias químicas figuran el caucho butílico y el caucho de nitrilo. Use gafas adecuadas para productos químicos cuando exista la posibilidad de que el metanol (incluido el vapor) haga contacto con los ojos. Puede usarse una mascarilla completa sobre las gafas para obtener una protección adicional, pero no como sustitutiva de las gafas.

Precauciones de seguridad

La electricidad estática puede inflamar el vapor de metanol debido a su inflamabilidad. Por lo tanto, siempre se debe hacer una conexión a tierra y poner a masa cuando exista el potencial de que haya electricidad estática y se requiere hacerlo para todos los equipos. Generalmente se usan pinzas de sujeción con puntas de carburo (para garantizar un buen contacto a través de pintura) y

sistemas de llenado con tubo profundo para proteger contra el encendido producido por la electricidad estática. La siguiente es una lista de precauciones adicionales de seguridad que se deben tomar.

- Se debe prohibir fumar.
- Debe haber control estricto del acceso de vehículos.
- Debe haber suficiente ventilación para hacer frente a los niveles máximos de vapor que se espera tener en el edificio.
- Es posible que se requiera presión positiva en áreas que no puedan contener metanol, por ejemplo: salas de control, de equipos de conmutación y de fumadores.
- Es necesario determinar el tamaño de los respiraderos de los tanques de almacenamiento para el desprendimiento de emergencia de vapor calentado por un incendio.
- Los equipos eléctricos deben ser a prueba de explosiones
- Se recomienda usar espuma formadora de película acuosa resistente al alcohol con equipos de suministro de espuma al 6% (con agua) en incendios de metanol.
- Los derrames pequeños deben resolverse con arena, tierra u otro material incombustible absorbente, y luego el área se debe enjuagar con agua. Los derrames mayores deben diluirse con agua y contenerse en diques para luego desecharlos.
- El sistema de iluminación debe estar conectado a tierra. Las estructuras y recipientes altos deben tener conductores de pararrayos bien conectados a tierra.

Entrada en espacios confinados

Muchos lugares de trabajo contienen espacios estrechos porque limitan las actividades de las personas que deben entrar en ellos, trabajar en ellos y salir de ellos. Los espacios estrechos tienen medios limitados de entrada o salida y no están diseñados para que los trabajadores estén en ellos continuamente. Algunos ejemplos de espacios estrechos son, entre otros: bóvedas subterráneas, tanques, tolvas de almacenamiento, registros o bocas de inspección, fosos, silos, recipientes de procesos y tuberías

Además del potencial de una atmósfera pobre en oxígeno, la acumulación de vapores de metanol en espacios estrechos podría producir explosiones si llega a inflamarse. El límite explosivo inferior (LEL) del metanol es del 6% (60.000 ppm) en volumen, lo que es 10 veces la concentración IDLH (inmediatamente peligrosa para la vida y la salud), y el límite de inflamabilidad superior (UEL) es del 36% (360.000 ppm) en volumen. A concentraciones en el aire inferiores al LEL, no hay suficiente

vapor de metanol para propagar la llama. A concentraciones en el aire superiores al UEL, hay demasiado metanol y no hay suficiente oxígeno para propagar la llama. El LEL y el UEL del metanol corresponden a una gama de temperaturas de 54 °F a 106 °F (12 °C a 41 °C). El metanol arderá a esta gama de temperaturas. Como las concentraciones de vapor de metanol en la gama explosiva son tóxicas, mantener la concentración de aire en la gama segura también evita que se incendie. Sin embargo, evitar incendios no evita necesariamente los peligros de respirarlo. En espacios estrechos tal vez sea necesario contar con sistemas de ventilación para mantener las concentraciones de metanol en suspensión en el aire por debajo del LEL y de los límites de exposición permisibles. Antes de entrar en espacios estrechos en los que pueda haber metanol, verifique que no existan concentraciones a niveles explosivos.

Revisión de la seguridad antes de la puesta en servicio

Si una unidad o equipo de proceso requiere reparaciones, y la unidad o el equipo del proceso está fuera de servicio mientras se efectúa la reparación, entonces la administración de seguridad del proceso requiere que se haga una revisión para verificar que tanto los equipos como la organización estén listos en condiciones de operación. Es necesario hacer una revisión de seguridad antes del arranque siempre que se haya hecho alguna modificación en los productos químicos del proceso, tecnología o equipo, que requiera actualizar la información de seguridad del proceso.

Antes de “volver a poner en servicio”, lo que se define como la “introducción de algún producto químico de alto riesgo”, el empleador debe confirmar lo siguiente:

- Las tareas de construcción deben haberse completado y las actividades de construcción deben haber terminado;
- Los equipos deben cumplir con las especificaciones de diseño;
- La información del proceso debe haberse actualizado;
- Los procedimientos de seguridad, operación, mantenimiento y emergencia deben ponerse en servicio y ser adecuados;
- Se debe haber realizado un análisis de peligros del proceso, que sea adecuado a la complejidad y modificación del proceso; además, las recomendaciones resultantes deben haberse resuelto e implementado;
- Los requisitos de gestión de cambios deben haberse satisfecho;
- Cada uno de los empleados relacionados con la operación y el mantenimiento del proceso debe haber sido adiestrado sobre el cambio.

Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos de eliminación de la sustancia (excedentes): Reciclar el material siempre que sea posible.

Residuos: Líquidos y sólidos de procesos industriales.

- *Eliminación:* Disolver o mezclar el material con un disolvente combustible y quemarlo en un incinerador químico equipado con un depurador de humos.
- *Manipulación:* Contenedores correctamente sellados y etiquetados.
- *Disposiciones:* Los establecimientos y empresas que se dediquen 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.

Todas las FDS-Hoja de seguridad están en el Anexo 7.

- Hidrogeno.
- Glicerol.
- Propilenglicol.
- Metanol.
- Etilenglicol.
- Ácido clorhídrico.

Capítulo 9

Evaluación económica

9.1 Introducción.

En este capítulo, se abordan todos los relevamientos de interés para determinar la factibilidad del proyecto. Se detallan a continuación todos los desarrollos pertinentes para los siguientes enunciados;

- Costos de los equipos e Inversión inicial del capital
- Costos de asociados a la producción
- Ingresos por ventas: Producto principal y secundario.
- Punto de equilibrio
- Financiamiento de la inversión
- Flujo de caja
- Determinación del VAN y TIR

9.2 Costo de equipos

Para determinar el valor de la inversión de los equipos necesarios para la operación, se realizó una investigación de costos con sustento de colegas y gente experimentada en el tema.

Para el cálculo de costo de equipos, se utiliza el programa matche.com (2014) que recopila información de costos como base de datos en los que especificando; tipo de equipo, dimensiones y material arroja un valor estimado de costo de los equipamientos acorde a lo definido. Además, como medida de ajuste para utilizar valores actualizados, se aumenta en un 10% el monto que arroje el programa, considerando 1% por año transcurrido de dicha cotización en dólares estadounidenses.

COTIZACIÓN DE EQUIPOS						
ROTULO	DESCRIPCIÓN	Especificación	Origen	MATERIAL	PRECIO (U\$S) Ref.2014	PRECIO (U\$S) + 10% infl.
X-01	Tanque pulmón	12 hs, vol.= 5.000 gal= 19.00L	Importado	Acero al Carbono	15.700	17.270
TK-AC	Tanque de Acidulación	Reactor batch, 50 Hp,	Importado	Acero al carbono	65.200	71.720
TK-9	Tanque Glicerina refinada	24hs, vol.= 10.000 gal= 38.000L – Almacenaje	Importado	Acero Inoxidable	79.000	86.900
TK-8	Tanque de Ácidos carboxílicos	48hs, vol.=1.800 gal= 6.800L	Importado	Acero al Carbono	8.700	9.570

TK-7	Condensado del EVP-1	12hs, vol.=550 gal=2.000 L	Importado	Acero al Carbono	4.400	4.840
TK-6	Pulmón del Evaporador	12hs, vol.=140 gal= 500 L	Importado	Acero Inoxidable	6.900	7.590
TK-2	Almacenaje de Agua	650 gal= 2.500L	Importado	Acero Inoxidable	16.600	18.260
TK-11	Tanque de Metanol	24hs, vol.= 16.000 gal= 60.000L	Importado	Acero al carbono	30.400	33.440
TK-1	Tanque de almacenamiento de Glicerina cruda	instalación y estructura soporte metálica	Importado	Isotank plástico	2.000	2.000
TK PT4	Tanque de Producto Secundario-ETILENGLICOL	48hs, vol.=4.200 gal= 16.000L	Importado	Acero al Carbono	14.200	15.620
TK PT3	Tanque de agua	12hs, vol.=1.100 gal= 4.200L – Agua para servicios.	Importado	Acero al Carbono	6.600	7.260
TK PT2	Tanque de Producto secundario-METANOL	48hs, vol.=2.200 gal= 8.300 L	Importado	Acero al Carbono	9.800	10.780
TK PT1	Tanque de Producto Terminado-PROPILENGLICOL	48 hs, vol.=15.300 gal= 58.000L	Importado	Acero Inoxidable	100.700	110.770
T-101	Torre de Refinado de Glicerina	800 gal= 3.000L, 60% sobredimensionado por costos de construcción de platos.	Importado	Acero Inoxidable	18.700	20.570
T-100	torre	1.000 gal= 3.800L, 60% sobredimensionado por costos de construcción de platos.	Importado	Acero al carbono	6.300	6.930
RX-1	Reactor principal	Encamisado, 2.000L	Importado	Acero Inoxidable	221.400	243.540
P100/P100B	Bomba para TK-11	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	7.000	7.700
IC-T101	IC Condensador tope T-101	Condensador vertical, 2,3 m ²	Importado	Acero al Carbono	12.000	13.200
IC-9	IC Condensador D-6	Condensador vertical, 0,65 m ²	Importado	Acero al Carbono	10.300	11.330
IC-8	IC Condensador D-5	Condensador vertical, 32 m ²	Importado	Acero Inoxidable	118.600	130.460
IC-7	IC Condensador D-4	Condensador vertical, 12,5 m ²	Importado	Acero Inoxidable	66.000	72.600
IC-6	IC Condensador D-3	Condensador vertical, 30 m ²	Importado	Acero Inoxidable	42.700	46.970
IC-5	Condensador tope EVP-1	Condensador vertical, 3,6 m ²	Importado	Acero al Carbono	14.800	16.280
IC-4	IC EVP-1	coraza y tubo móvil, 9 m ²	Importado	Acero al Carbono	14.700	16.170

IC-3	IC previo Acidulador	coraza y tubo movable, 44 m ²	Importado	Acero al Carbono	23.700	26.070
IC-2	Condensador tope T-100	Condensador vertical, 6,6 m ²	Importado	Acero al Carbono	20.100	22.110
IC-13	IC Calentador para RX-1	coraza y tubo movable, 260 m ² , 60 Bar	Importado	Acero Inoxidable	656.400	722.040
IC-12	IC Enfriador H previo M-3	coraza y tubo movable, 5 m ² , 60 Bar	Importado	Acero Inoxidable	38.900	42.790
IC-11	IC Enfriador PG previo M-3	coraza y tubo movable, 5 m ² , 60 Bar	Importado	Acero Inoxidable	38.500	42.350
IC-10	IC Enfriador en TK-9	coraza y tubo U fijo, 4,2 m ²	Importado	Acero Inoxidable	4.100	4.510
IC-1	IC previo a T-100	coraza y tubo movable, 1,5 m ²	Importado	Acero al Carbono	13.700	15.070
H-6	Rehervidor en D-6	Rehervidor 1,3 m ² , 15Bar	Importado	Acero Inoxidable	14.700	16.170
H-5	Rehervidor en D-5	Rehervidor 38 m ² , 15Bar	Importado	Acero Inoxidable	44.500	48.950
H-4	Rehervidor en D-4	Rehervidor 27 m ² , 15Bar	Importado	Acero Inoxidable	34.900	38.390
H-3	Rehervidor en D-3	Rehervidor 32 m ² , 15Bar	Importado	Acero Inoxidable	39.100	43.010
H-2	Rehervidor en TK-101	Rehervidor 7 m ² , 15Bar	Importado	Acero Inoxidable	16.100	17.710
H-1	Rehervidor en T-100	Rehervidor 0,3 m ² 15Bar	Importado	Acero al Carbono	13.900	15.290
E02	Tanque Pulmón del Destilador	12hs, vol.= 6000 gal= 23.000L	Importado	Acero Inoxidable	59.100	65.010
E-110	Tanque recuperación de Hidrógeno	12hs, vol.= 6000 gal= 23.000L	Importado	Acero Inoxidable	59.101	65.011
DF-1	Destilador Flash: Tanque cerrado	12hs, vol.= 650 gal= 2.500L	Importado	Acero Inoxidable	16.600	18.260
DC	Decantador: tanque acostado	12hs, vol.= 3400 gal= 13.000L	Importado	Acero al Carbono	14.800	16.280
D-6	Torre de destilación para PT4	Tanque cerrado, 800 gal= 3.000L, 60% sobredimensionado por costos de construcción de platos.	Importado	Acero Inoxidable	18.700	20.570
D-5	Torre de destilación para PT1	Tanque cerrado, 1.000 gal= 3.800L, 60% sobredimensionado por costos de construcción de platos.	Importado	Acero Inoxidable	18.700	20.570
D-4	Torre de destilación para PT3	Tanque cerrado, 800 gal= 3.000L, 60% sobredimensionado por costos de construcción de platos.	Importado	Acero Inoxidable	18.700	20.570

D-3	Torre de destilación para PT2	Tanque cerrado, 800 gal= 3.000L, 60% sobredimensionado por costos de construcción de platos.	Importado	Acero Inoxidable	18.700	20.570
CENTRI-FUGA	Centrifuga	24 pulg= 60 cm	Importado	Acero al carbono	28.300	31.130
C-4	Pulmón condensador para D-6	12hs, vol.= 1.100 gal= 4.200L	Importado	Acero al Carbono	6.600	7.260
C-3	Pulmón condensador para D-5	12hs, vol.= 3.900 gal= 15.000L	Importado	Acero Inoxidable	46.200	50.820
C-2	Pulmón condensador para D-4	12hs, vol.= 1.100 gal= 4.200L	Importado	Acero al Carbono	6.600	7.260
C-1	Pulmón condensador para D-3	12hs, vol.= 650 gal= 2.500L	Importado	Acero al Carbono	4.900	5.390
BV-3/BV-3B	Bomba de vacío	sello líquido de 1 etapa, 0,5 m3	Importado	hierro fundido	9.400	10.340
BV-2/BV-2B	Bomba de vacío	sello líquido de 1 etapa, 0,5 m3	Importado	hierro fundido	9.400	10.340
BV-1/BV-1B	Bomba de vacío	sello líquido de 1 etapa, 0,5 m3	Importado	hierro fundido	9.400	10.340
B-9/B-9B	Bomba centrífuga a Depósito de Agua	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	7.000	7.700
B-8/B-8B	Bomba centrífuga a IC-4	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	7.000	7.700
B-7/B-7B	Bomba centrífuga	Horizontal, flujo dividido, 4 etapas, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido	23.200	25.520
B-6/B-6B	Bomba desplazamiento positivo	diafragma, asiento mecánico	Importado	hierro fundido	28.200	31.020
B-5/B-5B	Bombeo de HCl a Acidulado	Plástico reforzado con fibra de vidrio, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	11.000	12.100
B-4/B-4B	Bomba centrífuga a Acidulador con pto	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	7.000	7.700
B-3/B-3B	Bomba centrífuga de X01 hacia T-100	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	7.000	7.700
B-20/B-20B	Bomba centrífuga de reflujo a D-6	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-2/B-2B	Bomba centrífuga a IC-1	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	7.000	7.700
B-19/B-19B	Bomba centrífuga desde ALM-2 a D-5	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560

B-18/B-18B	Bomba centrífuga de reflujo a D-5	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-17/B-17B	Bomba centrífuga de reflujo a D-4	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-16/B-16B	Bomba centrífuga desde ALM-1 a D-4	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-15/B-15B	Bomba centrífuga de reflujo a D-3	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-14/B-14B	Bomba centrífuga a D-3	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-13/B-13B	Bomba centrífuga al Reactor RX-1	diafragma, asiento mecánico	Importado	Acero Inoxidable	52.200	57.420
B-12/B-12B	Bomba centrífuga a M-4	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-11/B-11B	Bomba retorno a T-101	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	8.200	9.020
B-10/B-10B	Bomba centrífuga a T-101	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido API-610	14.000	15.400
B-1/B-1B	Bomba diafragma simple a M-1	50L/min. Asiento mecánico, descarga de 1 pulg.	Importado	hierro fundido	26.200	28.820
ALM-4	Pulmón de producto para D-6	24hs, vol.= 2.100 gal= 8.000L	Importado	Acero Inoxidable	9.500	10.450
ALM-3	Pulmón de producto para D-5	12hs, vol.= 1.300 gal= 5000L	Importado	Acero Inoxidable	7.300	8.030
ALM-2	Pulmón de producto para D-4	12 hs, vol.= 5300 gal= 20.000L	Importado	Acero Inoxidable	55.000	60.500
ALM-1	Pulmón de producto para D-3	12 hs, vol.= 6100 gal= 23.000L	Importado	Acero Inoxidable	59.600	65.560
	Línea de envasado Tambores	10 m. de línea, montaje y dosificación de tambores	Importado	Acero Inoxidable	18.000	19.800
TK-5	Depósito de agua	12 hs, vol.= 660 gal= 2.500L - Agua para servicios/Reutilización	Nacional	Acero al Carbono	4.900	5.390
TK-4	Depósito de barros	24 hs, vol.= 1.000 gal= 3.800L - construcción in situ	Nacional	Hormigón	5.000	5.000
TK-3	Tanque de HCl	instalación para el iso-contenedor: Estructuras y construcciones	Nacional	Estructura + contención	500	500
TK-10	Tanque de Hidrógeno (proveedor)	Soportes + terminal des presurizadora.	Nacional	Estructura + contención	4.000	4.000

B-22/B-22B	Bomba Peristáltica desde ALM-4 a M-4	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Nacional	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-21/B-21B	Bomba Peristáltica desde ALM-3 a D-6	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Nacional	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-23/B-23B	Bomba centrífuga a D-3	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-24/B-24B	Bomba centrífuga a D-3	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
B-25/B-25B	Bomba centrífuga a D-3	Horizontal, flujo dividido, 1 etapa, descarga de 1 pulg.	Importado	Acero Inoxidable	9.600	10.560
<i>*Costo de Nacionalización de equipos importados (22%)</i>						636.779
Costo total de equipos (U\$S)					2.683.101	3.587.040

9.3 Inversión de capital

Se determina la inversión de capital basada en los costos directos de la producción. Además, se tienen en cuenta los gastos asociados al montaje de equipos, operaciones realizadas para este montaje y otras contingencias que pudieran ocurrir.

La implantación industrial se llevará a cabo dentro del predio Industrial de Ensenada y la parcela elegida es de área 26.646,04 m² (aproximadamente 2,5 hectáreas). Se realiza una investigación de mercado y precio de lotes industriales dentro del predio de Ensenada provincia de Buenos Aires. Se releva el valor de los predios industriales y los valores rondan los u\$s50/por m², con lo que estimamos una cotización del lote industrial en el que se desarrolló el proyecto de **u\$s1.065.850**.

El costo total será la suma de los costos directos e indirectos. Se tienen en cuenta honorarios de contratistas y posibles eventuales, conformando así la inversión del capital fijo.

La inversión del capital de trabajo se define como la cantidad necesaria de recursos para poder llevar a cabo con normalidad la operación y se toman, MP, consumos energéticos, manos de obra y costos fijos.

Consideraciones,

- Se estima que se encuentra entre el 10 y 20% de la inversión total (para este proyecto tomaremos el 20%), de esta forma estamos en condiciones de obtener la inversión de capital fijo y de trabajo, que en suma nos dará la inversión de capital total.
- 40% para el montaje de equipos, por ser muchos y tener condiciones especiales por el criterio de los tramos sanitarios.
- 25% en la instrumentación y control, por tener 75% de su operación automatizada.
- 40% en la instalación de cañerías y montaje por la incidencia de los tramos sanitarios y aquellos de peligrosidad.
- 20% para construcción civil, ya que es mínima de laboratorios y oficinas lo que respecta a edificios y operativamente involucra algunos contenedores de hormigón pequeños.
- 30% para Servicios auxiliares y acondicionamiento del terreno (intermedio para esta operación).

Estos costos se tendrán en cuenta dentro del primer flujo libre de caja como NOF necesidad operativa de fondo.

COSTOS DIRECTOS (U\$s)			
Equipos principales			3.587.040
Montaje de equipos	35-40% del costo de equipos	0,4	1.434.816
Instrumentación y control	6-35% del costo de equipos	0,25	896.760
Instalación de cañerías y montaje	30-50% del costo de equipos	0,4	1.434.816
Instalación y montaje eléctrico	10-20% del costo de equipos	0,2	717.408
Construcción civil	15-60% del costo de equipos	0,2	717.408
Servicios auxiliares y acondicionamiento del terreno	20-50% del costo de equipos	0,3	1.076.112
Terreno	Valor estimado		1.065.850
INVERSIÓN DE COSTOS DIRECTOS			7.343.171

COSTOS INDIRECTOS (U\$s)			
Gerenciamiento e Ingeniería del Proyecto	5-15% de los costos directos	0,1	734.317
Supervisión obra civil y Terceros	7-20% de los costos directos	0,15	1.101.476
Contingencia	5-15% de los costos directos	0,15	1.101.476
INVERSIÓN DE COSTOS INDIRECTOS			2.937.268

INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (U\$s)	
Costos Directos	7.343.171
Costos Indirectos	2.937.268
INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (U\$s)	
	10.280.439

COSTO DE INVERSIÓN TOTAL (U\$s)	
Inversión total de equipos	3.587.040
Inversión de capital fijo	10.280.439
Capital de trabajo	3.699.520
INVERSIÓN TOTAL	17.566.999

9.4 Costos de Producción

Es de gran importancia tener una observancia crítica y expeditiva en el manejo de los costos productivos, ya que es lo que determina la utilidad que va a tener la actividad. Se toman valores de costos de MP del mercado y el precio de venta para PG verde que podemos establecer siendo un producto novedoso.

Además de los costos de la MP que debe combinarse para la obtención del PG (Glicerol e Hidrógeno), se debe tener en cuenta HCl que se usa en la neutralización y consideramos el catalizador con su costo anual dentro de este cálculo.

COSTOS VARIABLES (U\$s/TON)				
		U\$s/TON	TON/AÑO	PRECIO(USD/AÑO)
Materia Prima	Glicerol	500	15.840	7.920.000
	Hidrógeno	1.000	1.331	1.330.560
	HCl	20	1.552	31.046
	Catalizador (Cu-ZnAl ₂ O ₃)	300	1,0	300

9.4.1 Costos fijos

Los costos fijos son los costos que a corto plazo no dependen de la cantidad que produzca la empresa, es todo aquello que es obligación aún sin tener producción.

A continuación, detallamos el costo de la mano de obra directa anual, que es uno de los costos fijos que se manejan:

Valor de cambio	880	\$/dólar	98	personas
Operación (incluyendo SAC)	13	meses		

Tres turnos

Puesto de Trabajo	Cantidad	Sueldo Neto \$	Total U\$s/Año
Director	1	3.520.000	52.000
Gerencia General	1	2.640.000	39.000

Gerencia RRHH	1	1.320.000	19.500
Jefe Sector	4	1.584.000	93.600
Jefe Turno	4	1.320.000	78.000
Operadores (Producción + control room)	32	968.000	457.600
Operadores en envasado	8	880.000	104.000
Operadores en depósito	8	836.000	98.800
Encargado Almacenes	4	836.000	49.400
Jefe de laboratorio de Control	1	1.144.000	16.900
Analistas y control de calidad	8	792.000	93.600
Mantenimiento	16	880.000	208.000
Administrativos compras	2	704.000	20.800
Administrativos ventas	2	792.000	23.400
Administrativo RRHH	1	616.000	9.100
Administrativo abogado	1	704.000	10.400
Administrativo contador	1	880.000	13.000
Administrativo marketing	1	1.056.000	15.600
Seguridad e higiene	1	1.320.000	19.500
Seguridad e higiene – Gestión	1	1.100.000	16.250
Total Mano de Obra Anual U\$s			1.438.450

Nota: estos cálculos se computan como 13 meses de trabajo (por incluir SAC-aguinaldo), valor de dólar de \$880 según valores referenciales MEP (17/11/2023) para valoración real de los salarios de cada función y tres turnos de producción SOLO operativa, Administrativos de turno central.

Se tienen en cuenta las cargas sociales, lo cual establece como valor de referencia un 40% de los gastos de mano de obra, ya que los mismos son netos. Aquí se tienen en cuenta todo lo social referido al personal. Además, se deben tener en cuenta los Gastos generales de planta (comedor, transporte, librería, servicio médico en planta, entre otros beneficios). Éstos representan el 50% del costo de mano de obra aproximadamente y se considera en este análisis.

9.4.1.1 Funciones

Gerencia General: La Estrategia y la Planificación son sus tareas principales, luego Gestión de los recursos y su Control son las actividades de gran relevancia para la gerencia.

La estrategia es toda esa serie de acciones que debe ejecutar el grupo de trabajo para alcanzar los

objetivos y el planeamiento implica ordenarlas secuencialmente mirando hacia el futuro, así crear en el presente condiciones que permitan llevar la empresa hacia ese futuro con un éxito casi asegurado.

El proceso de Gestión consiste en llevar a cabo las actividades en cada sector de manera planificada y ordenada para que las funciones de cada uno se cumplan de manera ordenada y con los términos requeridos para un negocio exitoso.

El proceso de Control es el análisis del presente y del pasado para observar si la actividad evoluciona positivamente hacia los objetivos, o por el contrario se aleja de ellos y propone acciones correctivas para encausarlo.

- **Comercialización:** son las actividades estratégicas que la empresa realiza para colocar sus productos en el mercado y hasta oportunamente hacerlas crecer. Estas son:
 - **Marketing:** Investigación y Mercados, segmentación, estudio de la competencia, precios y planes de ventas, pronósticos de ventas. Medir cual es el grado de satisfacción de los clientes. Promoción y publicidad.
 - **Ventas:** Exhibición de productos, atención a clientes para recibir pedidos, tomar quejas. Exportaciones.
 - **Distribución:** Recibe los productos de la fábrica, los almacena y mantiene en buen estado, y los despacha para cumplir con los pedidos de los clientes. Además, contrata los medios de transporte necesarios.
 - **Finanzas:** son las actividades que tienen por objeto administrar los recursos monetarios de la empresa. Contempla las siguientes funciones:
 - ✓ Pagos a proveedores / Tesorería: que se ocupa de Créditos y cobranzas a los clientes, Caja que realiza los pagos y recibe la cobranza, presupuestos, encargado del plan de erogaciones e ingresos (usualmente llamado cash flow) y las relaciones financieras: con los bancos y otros organismos de crédito.
 - ✓ Equipo contable: que trabaja con costos, impuestos, cuentas a pagar, registros contables, balances y archivo. Recopila información, la compila y registra a efectos de cumplir con la información legal y de gestión.

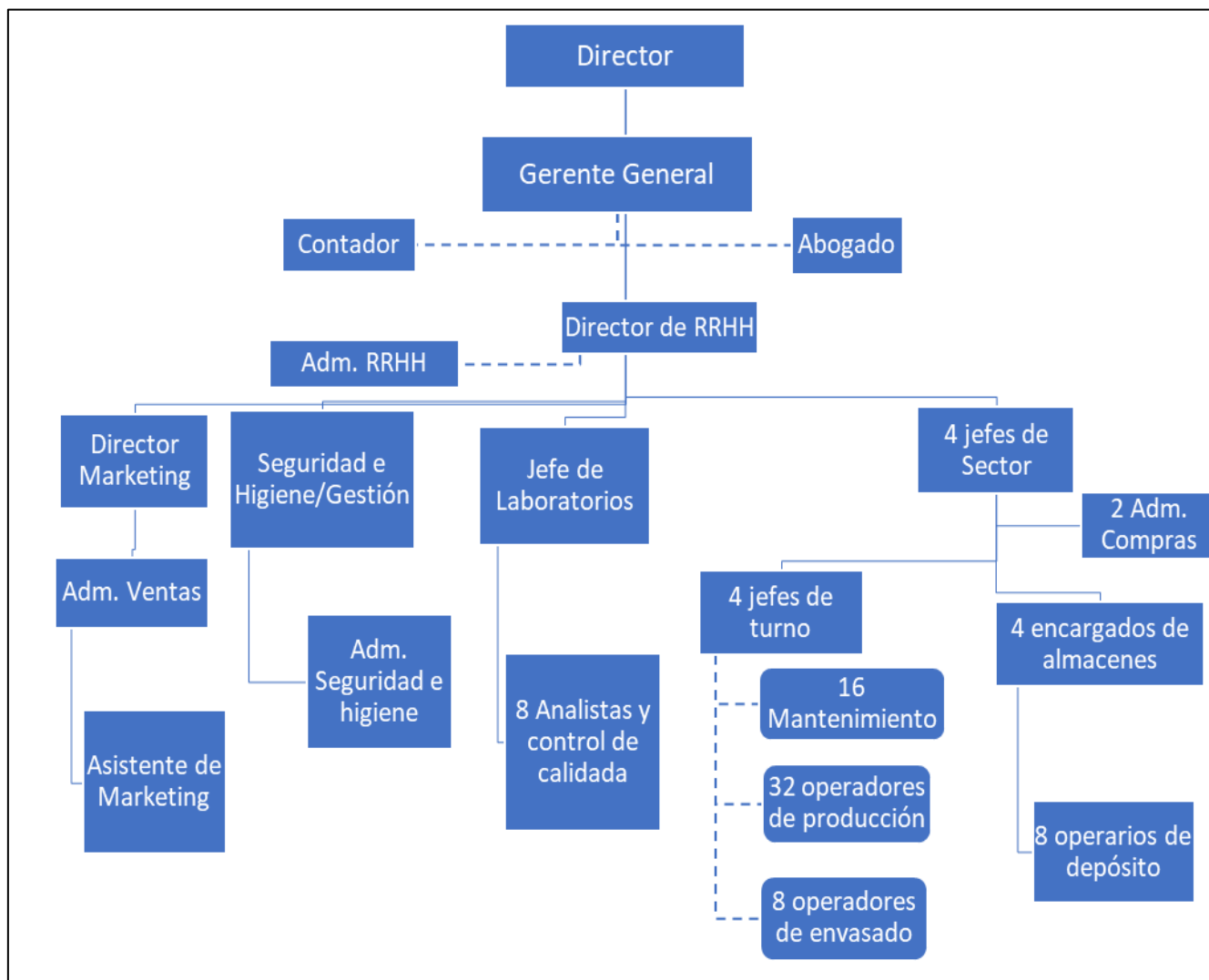
- ✓ Servicio Informático: Creación, diseño y mantenimiento de los sistemas de redes de la empresa necesarios para el manejo de la información. Incluidos servicios para control de procesos.
- **Departamento de Personal:** que administra el capital humano de la empresa. Las funciones principales son:
 - ✓ **Selección de personal:** estudios del mercado laboral, planes de carrera y desarrollo de puestos, evaluación de desempeños. Coordinación de entrevistas, test psicotécnicos y revisión médica de postulantes. Colocación de avisos en sectores competentes para la selección de personal.
 - ✓ **Liquidación de sueldos:** de servicios sociales y otros beneficios. Efectúa el cálculo de remuneraciones y atiende cualquier reclamo al respecto. (misma persona que trabaja como analista de RRHH).
 - ✓ **Legales:** responsables de abordar las demandas judiciales del personal, clientes, proveedores o vecinos. Contratos. Representación institucional y todo lo relacionado a la Ley Nacional.
- **Producción:** Se trata de la transformación de las materias primas industriales mediante la aplicación de tecnología y trabajo (mano de obra), en mercaderías para su posterior venta y distribución. Esto implica el desarrollo de las siguientes actividades:
- **Compras:** Realiza el estudio del mercado de proveedores y selección, cotizaciones, análisis de costos y precios, adjudicación de pedidos, contratos para el suministro, planificación de pedidos, pronóstico de compras futuras, importaciones. Efectúa las compras necesarias, a efectos de minimizar costos y asegurar la operatividad de la empresa. Detecta nuevos insumos sustitutos. Detecta nuevos requerimientos potenciales.
- **Fabricación:** Programación y control de la producción, maneja los almacenes de materia prima, opera las máquinas de producción, re trabajos, ajustes y pedidos de mantenimiento correctivo. Además, ejecuta el proceso de elaboración de productos terminados y semielaborados en función del plan de producción.
- **Mantenimiento:** verifica las máquinas, realiza mantenimiento correctivo y preventivo (inspección), se ocupa de los llamados “servicios auxiliares”: energía eléctrica, aire comprimido, calefacción, disponibilidad de agua. Almacena los repuestos para mantenimiento en el Pañol y los gestiona.

- ✓ **Mantenimiento preventivo:** planificando y controlando el mantenimiento rutinario de las líneas de producción y garantizando su óptimo rendimiento para evitar y disminuir el mantenimiento correctivo.
- ✓ **Mantenimiento correctivo:** efectuando en el menor tiempo posible las reparaciones, a fin de solucionar cualquier parada de equipo.
- **Laboratorio y Control de Calidad:** Mide y controla la calidad de lo producido y de las etapas anteriores, realiza análisis de laboratorio, de aguas y chequeos de calidad de materias primas y producto terminado. Basándose en el proceso y su mejora continua.
- **Seguridad Industrial:** Anticipa, reconoce, evalúa y controla factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo en industrias. Se aplican un conjunto de técnicas multidisciplinarias que se encarga de identificar el riesgo, determinar su significado, evaluar las medidas correctivas disponibles y la selección del control óptimo.
- **Auditoría:** Para la verificación periódica que cada área de la empresa funcione cumpliendo las normas establecidas. Se encarga de custodiar el resguardo patrimonial de la empresa. (Contratado Externo).

Se necesita cumplir ISO 14001, ISO 9001 y normas GMP en la manipulación envasado de tambores de producto terminado.

9.4.1.2 Organigrama de la empresa

Se describen las posiciones y las dependencias de los empleados que se requieren para llevar a cabo las tareas de estrategias, Planificación, Producción y Control. Si bien se maneja una dinámica de departamentos separados, en muchos casos las actividades son multidisciplinarias.



9.4.2 Costos de Mantenimiento

Los gastos anuales de mantenimiento se estiman como un % en base a los costos de la inversión fija (total), el cual varía según la complejidad de la planta. El personal operativo y de supervisión afectados al mantenimiento, está incluidos en los gastos del personal, de manera que solo resta incluir los materiales y repuestos utilizados para realizar el mantenimiento, como así también el alquiler de algunos equipos y servicios tercerizados.

El costo anual de los materiales para mantenimiento se expresa como un % de la inversión total y depende:

- Para procesos químicos simples, entre 1-3%.

- Para intermedios 3-5%.
- Para procesos complicados con severos problemas de corrosión y condiciones extremas de operación entre 4-6% tomaremos éste como nuestro caso, al ser un proceso de etapas con vacío y que la reacción principal ocurre a alta presión.

9.4.3 Seguros e impuestos locales

El costo de fabricación derivado de las aseguradoras hace referencia al hecho de asegurar tanto las instalaciones como equipos y edificios de la planta. Se ha considerado un valor estándar, 0,5% de la inversión total. Cabe considerar que el proyecto se establecerá dentro de un parque Industrial.

9.4.4 Depreciaciones

Se la calcula de igual manera como Inversión Total/10 años.

El mismo no tiene influencia en el cálculo de los impuestos. Si bien el concepto de depreciación considera que es el medio para proveer los fondos necesarios para reemplazar la planta, hoy en día debido al rápido cambio que sufren los procesos químicos introduciendo nuevas tecnologías, es de dudar que alguna planta química puede ser reemplazada según fuera construida, ya que durante funcionamiento al término de algunos años será obsoleta.

8.4.5 Costes de producción y administración

- **Gastos de comercialización y ventas:** El costo derivado de los gastos de venta del producto. Se tienen en cuenta factores como el marketing destinado al producto y a su comercialización, a los viajes realizados por ventas, etc. Se toma como valor de referencia el 3% de los costos de producción.
- **Gastos administrativos en general:** El costo derivado del gasto administrativo en general surge de los gastos de los empleados administrativos, se toma un valor estimativo, 3% de los gastos de producción.

COSTOS FIJOS (U\$s/año)				
Producción	Personal			1.438.450
	Cargas sociales	40% de la mano de obra	0,4	575.380
	Gastos generales de planta (comedor, enfermería, etc.)	50% de la mano de obra	0,5	719.225

	Mantenimiento y reparaciones	4-5% inversión total	0,05	693.374
	Seguros e impuestos	0,5% inversión total	0,005	69.337
	Subtotal			3.495.766
Administración	Comercialización y ventas	2,5-5% costos de prod.	0,04	139.831
	Administrativos en general	2% costos de producción	0,02	69.915
TOTAL COSTOS FIJOS				3.705.512

9.4.6 Costos variables

Los costos variables son los costos que dependen del nivel de producción de la empresa. Se trata de los costos de factores variables. Aquí calcularemos el costo anual de materias primas y el de los servicios auxiliares:

Empaques y presentación final: Se cotiza el valor de los tambores de 200L plásticos + paletizado por 4 tambores como costo variable dentro del mismo análisis. Estos costos también son fluctuantes respecto de la producción.

Además, se agrega al cálculo, el costo logístico de transporte y distribución de los subproductos que serán entregados a granel.

Se toma el costo por m³ de gas Natural para todos los equipos que lo necesitarán en función del flujo de calor (evaporadores, rehervidores en las torres de destilación, intercambiadores de calor, Tanques, etc.).

Ensenada (Buenos Aires)

Sub-Categoría	Escala de Consumo por Periodo de Facturación	\$/m ³ Reserva de Capacidad*	Cargo Variable DIS (\$/m ³)*	Cargo Variable TTE (\$/m ³)**	Cargo Fijo (\$/Factura)*
G	0 a 5000 m ³	53.261703	\$0.763714	\$1.949551	\$66420.18
G	más de 5000 m ³	53.261703	\$0.442377	\$1.949551	\$66420.18
FD		53.420303	\$0.887539	\$1.949551	\$236340.97
FT		47.406894	\$0.165800	\$1.949551	\$236340.97
ID		0	\$3.064563	0	\$236340.97
IT		0	\$2.343062	0	\$236340.97

Cuadro de tarifas, se considera como valor de \$53/m³ (<https://www.camuzzigas.com/tarifas-vigentes/>).

El costo de energía eléctrica en función de la potencia de los equipos y bombas instaladas. Se calculó para un total de 24 hs de operación por 330 días de trabajo. También se contempló un 20% de gasto

de luminaria para toda la planta, servicios de laboratorio y equipamientos NO productivos en los sectores de la planta. \$23.981/MWh (Valores ERNE 783/23 al 01/11/23. BY>= 300 kW).

COSTOS VARIABLES (U\$s/TON)				
		U\$s/TON	TON/AÑO	PRECIO(U\$s/AÑO)
Materia Prima	Glicerol	500	15.840	7.920.000
	Hidrógeno	1.000	1.331	1.330.560
	HCl	20	1.552	31.046
	Catalizador (Cu-ZnAl ₂ O ₃)	300	1,0	300
Insumos	#Item	U\$s/TON-despachada	TON/AÑO	PRECIO(U\$s/AÑO)
	Tambores 200L plástico	75	7.524	564.300
	Costos logísticos	50	1.451	72.534
Servicios Auxiliares	Gas (m3)	0,1	4.070.710	583.102
	Electricidad (MWh)	64,814	40.000	2.851.795
TOTAL COSTOS VARIABLES				13.353.637

9.5 Ingreso anual por ventas

Para el cálculo de este valor, tendremos en cuenta nuestro producto principal y además la producción de los sub-productos obtenidos que serán comercializados también, ya que son de aporte en los ingresos.

INGRESOS POR VENTAS (U\$s)				
		Producido Anual	Precio Venta TON(U\$s)	Precio Total(U\$s)
PRODUCCIÓN	Precio de Venta por Ton Propilenglicol	7.524	3.800	28.591.200
	Precio de Venta por Ton Etilenglicol	198	1.300	257.400
	Precio de Venta por Ton Metanol	66	1.600	105.600
	Precio de Venta por Ton Glicerol Técnico	125	850	106.590
	Precio de Venta por Ton ácidos carboxílicos	1.061	900	955.152
TOTAL DE INGRESOS POR VENTAS (U\$s)		7.913		30.015.942

9.6 Cálculo del punto de equilibrio.

El punto de equilibrio determina a partir de que volumen de producción, los ingresos por ventas superan a los costos totales comprendidos por los costos fijos y variables, como puede observarse en el gráfico esta situación se alcanza en 4459,76 ton/año, obteniendo un total de ingresos por ventas de u\$s28.591/año (solo contemplando el producto principal). El punto de equilibrio es donde los ingresos son iguales a los costos. Es el nivel de producción en el que los beneficios por ventas son iguales a la suma de los costos fijos y los variables.

$$\text{Punto de equilibrio} = \text{Costos fijos totales} / \text{Precio} - \text{Costos variables}$$

El cálculo de este punto es importante para las empresas pues define el límite mínimo sobre el cual se debe operar, tratando siempre de estar lo más alejado de él. Para el cálculo del punto de equilibrio, se parte de los siguientes supuestos:

- Ingresos y costos tienen un comportamiento lineal.
- Existe sincronización entre el volumen de ventas y el volumen de producción.
- Perfecta diferenciación entre costos fijos y variables.
- El cambio de una variable no tiene efecto sobre las demás.
- El modelo se basa sobre la utilización de una sola línea de producción.

Para calcular el punto de equilibrio, se igualan las rectas de costos totales con la de ingresos por ventas.

	Costos Fijos	Costos Variables	Costos Totales	Ingreso por Ventas
X=ton/año	Y= U\$s/AÑO	Y= U\$s/AÑO	Y= U\$s/AÑO	Y=U\$s/AÑO
0	7.490.151,0	0,0	7.490.151	0
2000	7.490.151,0	3.549.611	11.039.762	7.600.000
3000	7.490.151,0	5.324.417	12.814.568	11.400.000
4000	7.490.151,0	7.099.222	14.589.373	15.200.000
5000	7.490.151,0	8.874.028	16.364.179	19.000.000
6000	7.490.151,0	10.648.833	18.138.984	22.800.000
7000	7.490.151,0	12.423.639	19.913.790	26.600.000
8000	7.490.151,0	14.198.444	21.688.595	30.400.000

- Ecuación de la recta correspondiente a Costos Totales:

$$Y = CV \cdot X + CF$$

Ecuación de la recta correspondiente a los ingresos por ventas

$$Y = \text{Ingresos} \cdot X$$

Así obtengo el punto de producción mínimo, igualando ambas ecuaciones:

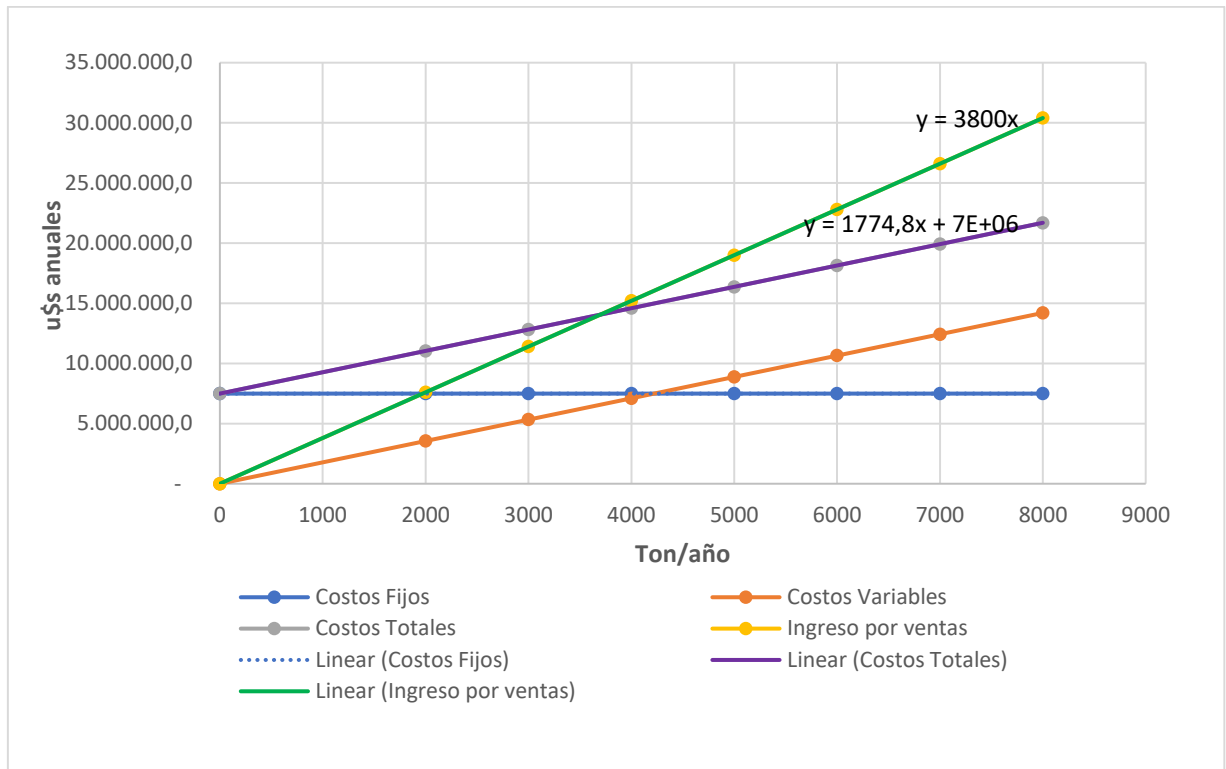
Para calcular el P_{eq} debo igualar las ecuaciones del gráfico (ingresos x ventas con costos variables) y calcular x,

$$Y = CV \cdot X + CF = \text{Ingresos} \cdot X$$

$$X = 4459,76$$

Como conclusión, la producción mínima será de 4459,76 tn/año (representa cerca del 60% de la capacidad de producción total de la planta).

La representación gráfica de los datos tiene la siguiente forma;



9.7 Flujo Libre de caja

Valor futuro de una inversión

Muestra el valor que una inversión actual va a tener en el futuro. Su expresión general es:

$$VF = VA (1+i)^n$$

Siendo:

- VA: Valor actual de la inversión.
- n: número de años o periodos de la inversión (1, 2,..., n).
- i: tasa de interés anual expresada en tanto por uno.

El VF será mayor cuando mayor sean i y n.

9.7.1 Flujo libre de caja FLC.

Se define como el saldo disponible para pagar a los accionistas y para cubrir el servicio de la deuda (intereses de la deuda + principal de la deuda) de la empresa, después de descontar las inversiones realizadas en activos fijos y en necesidades operativas de fondos (NOF).

Ingresos x Ventas

- Coste de las ventas

- Gastos generales

= Margen operativo bruto (BAAIT)

- Amortización (*)

= Beneficio antes de impuestos e intereses (BAIT)

- Impuestos

= Beneficio neto (BDT) (antes de intereses)

+ Amortización (*)

- Inversión en A. fijos

- Inversión en NOF (**)

= FCL

(*): La amortización se resta inicialmente debido a la depreciación que sufre con el tiempo la inversión en inmovilizado (equipos, maquinaria...), por lo tanto, debe recogerse anualmente como un coste a descontar de los beneficios antes de calcular los impuestos que se deben pagar. Pero para calcular el flujo de caja se vuelve a sumar de nuevo, ya que ese gasto no sale en realidad de caja.

(**): Necesidades operativas de fondos (NOF) = Caja + Clientes + Existencias - Proveedores

Si actualizamos los FCL, descontándolos al coste de capital, obtenemos el valor de la empresa.

Cuando se evalúa un proyecto determinado, el FCL del periodo cero, es decir, cuando aún no se empezó a producir equivale a la inversión realizada para montar la unidad productiva.

De esta manera, el periodo 0 tendrá un valor negativo porque se eroga dinero para el montaje, pero no hubo renta positiva neta aún. Incluso es posible que en los primeros periodos el FCL adquiera valores negativos los cuales no serían preocupantes desde que a partir de algún periodo los mismos comiencen a ser positivos.

En el caso de que parte del proyecto este financiado por un banco, el mismo en general pretende devolver el préstamo en sendas cuotas por periodo que incidirán sobre el FCL del periodo determinado. En este caso el valor de la cuota que se devuelve al banco restara dentro de las devoluciones que se toman como un gasto.

Inversión		17.566.999	U\$S
Accionistas	0,5	8.783.500	U\$S
Banco Nación	0,5	8.783.500	U\$S
Capacidad anual		7.524	ton/año
Precio		3.800	U\$S/ton
Ingreso x ventas		29.060.790	U\$S/año

Cálculo de costos:			
Materia Prima	Precio(U\$S/Ton)	Cantidad(ton/año)	Total(U\$S/año)
Glicerol	500	15.840	7.920.000
Hidrógeno	1.000	1.331	1.330.560
HCl	50	1.552	77.616
Catalizador (Cu-ZnAl ₂ O ₃)	300	1	300
Costo total en MP			9.328.476

	Cantidad	U\$S/año
Costo de personal	98	1.438.450
Costos de carga social (40%*costo de personal)		575.380

	U\$S/año
Costo en energía eléctrica	2.851.795
Costo de gas	583.102

		U\$S/año
Costo de mantenimiento	0,06*Inversión inicial	1.054.020

Seguros e impuestos locales	0,01*ingreso por ventas	290.608
-----------------------------	-------------------------	---------

Gastos generales de planta	0,5*Costos en personal	719.225
----------------------------	------------------------	---------

Depreciación	Inversión/10 años	1.756.700
--------------	-------------------	-----------

Mejoras del Proceso Productivo	0,02*Inversión Total	351.340
--------------------------------	----------------------	---------

Gastos de Administración Total	0,06*Costos de producción	265.741
--------------------------------	---------------------------	---------

Costo total		U\$S/año	19.214.836
-------------	--	----------	------------

Amortización	(Inversión-0,1*Inversión)/10	U\$S/año	1.581.030
--------------	------------------------------	----------	-----------

NOF	Costo total/12	U\$S/año	1.601.236
-----	----------------	----------	-----------

Devolución al Bco.		U\$S/año	3.568.957
--------------------	--	----------	-----------

Luego están los cálculos de devolución año a año.

	N0	N1	N2	N3	N4
Volumen de Producción		0,50	0,75	1	1
Ingreso x ventas		14.530.395	21.795.593	29.060.790	29.060.790
- Costo total		-9.607.418	-14.411.127	-19.214.836	-19.214.836
- Devolución al Bco		-3.568.957	-3.568.957	-3.568.957	-3.568.957
BAAIT		1.354.020	3.815.509	6.276.997	6.276.997

- Amortización		-1.581.030	-1.581.030	-1.581.030	-1.581.030
BAIT		-227.010	2.234.479	4.695.967	4.695.967
- 0,35*BAIT		-	-782.068	-1.643.588	-1.643.588
BDI (flujo de caja contable)		-227.010	1.452.411	3.052.379	3.052.379
+ Amortización		1.581.030	1.581.030	1.581.030	1.581.030
FCLN		1.354.020	3.033.441	4.633.408	4.633.408
- NOF		-1.601.236	-	-	-
FCL	-8.783.500	-247.216	3.033.441	4.633.408	4.633.408

**Parte 1/2 del estudio*

N5	N6	N7	N8	N9	N10
1	1	1	1	1	1
29.060.790	29.060.790	29.060.790	29.060.790	29.060.790	29.060.790
-19.214.836	-19.214.836	-19.214.836	-19.214.836	-19.214.836	-19.214.836
-3.568.957	-3.568.957	-3.568.957	-3.568.957	-3.568.957	-3.568.957
6.276.997	6.276.997	6.276.997	6.276.997	6.276.997	6.276.997
-1.581.030	-1.581.030	-1.581.030	-1.581.030	-1.581.030	-1.581.030
4.695.967	4.695.967	4.695.967	4.695.967	4.695.967	4.695.967
-1.643.588	-1.643.588	-1.643.588	-1.643.588	-1.643.588	-1.643.588
3.052.379	3.052.379	3.052.379	3.052.379	3.052.379	3.052.379
1.581.030	1.581.030	1.581.030	1.581.030	1.581.030	1.581.030
4.633.408	4.633.408	4.633.408	4.633.408	4.633.408	4.633.408
-	-	-	-	-	-
4.633.408	4.633.408	4.633.408	4.633.408	4.633.408	4.633.408

**Parte 2/2 del estudio*

9.8 Valor Actual Neto (VAN)

Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés ("la tasa de descuento"), y compararlos con el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza normalmente el coste promedio ponderado del capital (WACC o CPPC) de la empresa que hace la inversión.

$$VAN = -A + [FC1 / (1+r)^1] + [FC2 / (1+r)^2] + \dots + [FCn / (1+r)^n]$$

Siendo:

- A: desembolso inicial.
- FC: flujos de caja.
- n: número de años (1, 2,..., n).
- r: tipo de interés ("la tasa de descuento").
- $1/(1+r)^n$: factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años.
- FCD: Flujo de caja descontados.
- Si $VAN > 0$: El proyecto es rentable.
- Si $VAN < 0$: El proyecto no es rentable.

A la hora de elegir entre dos proyectos, elegiremos aquel que tenga el mayor VAN.

9.8.1 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero.

$$VAN = -A + [FC1 / (1+r)^1] + [FC2 / (1+r)^2] + \dots + [FCn / (1+r)^n] = 0$$

- Si $TIR >$ tasa de descuento (r): El proyecto es aceptable.
- Si $TIR <$ tasa de descuento (r): El proyecto no es aceptable.

Este método presenta más dificultades y es menos fiable que el anterior, por eso suele usarse como complementario al VAN.

9.8.2 Período de Retorno de una inversión (PR) (o payback en inglés)

Se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial a través de los flujos de caja generados por el proyecto.

La inversión se recupera en el año en el cual los flujos de caja acumulados superan a la inversión inicial.

No se considera un método adecuado si se toma como criterio único. Pero, de la misma forma que el método anterior, puede ser utilizado complementariamente con el VAN.

Donde:

- n : número de años.
- A : inversión inicial.
- FC : flujos de caja anuales.
- $FCac.$: flujos de caja acumulados.

Cuando se calcula el VAN, es necesario establecer una tasa determinada, la misma depende de:

- Si se considera que dentro del FCL calculado no está la devolución en cuotas del préstamo otorgado por el banco, la tasa de interés será la Tasa Ponderada del Costo de Capital (WACC). Lo cual es lógico pensando que el FCL debe brindar información acerca si el dinero generado superara las expectativas de la tasa de interés tanto del banco como de los accionistas.
- Si se considera que dentro del FCL ya está la devolución del préstamo al banco o entidad financiera, la tasa de interés que deberá tenerse en cuenta es simplemente la exigida por los accionistas. De manera análoga se analiza la tasa TIR con respecto a la tasa WACC en un caso y la tasa de los accionistas en otro.

La evaluación final del proyecto consiste en realizar varios FCL con sus respectivos VAN y TIR, pero teniendo en cuenta escenarios posibles futuros donde se somete al proyecto a condiciones económicas más adversas en función de brindar al accionista o entidad financiera que se analiza el mismo desde una suposición futura económica más adversa que la que pudiera hacerse en valor presente.

Cálculo del VAN

(RP) (riesgo país)	0,2397	Camp=RP+De-Inf	
DE (tasa del banco en USD)	0,0600	0,2797	(wacc: r) Interés de accionistas (tasa de descuento)
Inflación (en USD)	0,0200		

<

$$VAN = -Acc + FCL1/(1+r_{accionistas})^1 + \dots + FCLN/(1+r_{accionistas})^N$$

VAN 10 AÑOS

1.238.413

9.9 Cálculo tasa TIR

Datos para tener en consideración según información del 17/11/2023

(RP) (riesgo país)	0,2397
DE (tasa del banco en USD)	0,0600
Inflación (en USD)	0,0200

Cálculo del TIR

$$VAN = -Acc + FCL1/(1+r_{accionistas})^1 + \dots + FCLN/(1+r_{accionistas})^N = 0$$

TIR: tipo de interés que iguala el VAN a cero y debe ser mayor a la tasa de descuento para resultar un proyecto aceptable

VAN	0,0000000	=	-
TIR	0,326		

Como VAN > 0 y TIR > 0 y a su vez es mayor que la devolución que hay que realizar al banco, es proyecto rentable y además aceptable

**Nota: se utilizó función Solver en Excel para calcular el valor del TIR de manera iterativa*

9.9.1 Conclusiones

- El valor positivo del VAN hace que el proyecto sea rentable.

- En complemento con el TIR el resultado es mayor que la tasa de descuento, el cual lo hace aceptable.
- El TIR es el interés que hace cero al VAN.
- Por esta razón es importante observar cuan mayor es el TIR respecto de la tasa descuento, en este caso es ampliamente superado, por lo tanto, tendremos accionistas con buena perspectiva de negocio para este proyecto, un banco conforme de miras al pago de intereses y la planta operando con beneficios satisfactorios y positivos.

9.10 Definiciones

9.10.1 Acciones de una empresa.

- **Definición:**

Las acciones representan a las partes en que se considera dividido el capital de una empresa, así, una acción da derecho a la propiedad de una parte proporcional de los activos de una empresa.

Por otro lado, las acciones son una parte de préstamo otorgado por un inversor a una empresa, pero sin fecha de devolución pactada. De esta forma las empresas se financian sin tener la obligación de tener que devolver los fondos en periodos donde no lo desea.

Los aportes de socios conforman el Capital Social el cual se divide en acciones que poseen un valor nominal y sirven para identificar la proporción en que cada inversor participa en la empresa. Con estos aportes los socios pasan a ser propietarios teniendo derecho a cobrar dividendos que la empresa distribuya.

Las acciones no prometen ningún tipo de renta como así tampoco una amortización del Capital aportado. La ganancia estará dada por el crecimiento de la empresa y por la diferencia del valor entre el momento que compro la acción y el momento en que se vende esa acción. Si la empresa decrece o da perdidas el activo disminuye y con el valor de la acción.

- **Liquidez de la acción:**

Es la capacidad que una acción tiene de transformarse en dinero en el acto, esto depende de las bondades de la empresa y de la situación económica general. Para determinar cuan liquida es una acción hay que verificar que cantidad de acciones se negocian por día respecto al total de acciones.

- **Tipología:**

Tienen diferente nombre acorde a las características de cada una;

1. Por modalidad de colocación

- a. Con oferta publica
- b. oferta privada.

2. Por derechos que otorgan

- a. preferidas; no tienen derecho a voto, los accionistas de este tipo tienen preferencia a cobro respecto a las ordinarias si la empresa se liquida.
- b. ordinarias; poseen derecho a voto. Percibirán dividendos en base a los beneficios que la empresa ha logrado en el ejercicio.
- c. de participación; son aquellas empresas estatales que reparten parte del activo entre los empleados, no tienen derecho a voto. Normalmente se convierten, en un periodo determinado, en ordinarias.

3. por modalidad de titulo

- a. físicas; tienen un papel que el accionista lleva son cada vez menos usuales.
- b. escritúrales; no existe un único papel sino registros especialmente habilitados.

Las de oferta privada son pactos entre partes de carácter privado. Las públicas cotizan en bolsa y por ello poseen mayor liquidez.

9.10.2 Valor de una acción

Las fuerzas del mercado y las decisiones de las empresas inciden en el precio de una acción.

Si las acciones se emiten por sobre su valor nominal la empresa incrementa su valor libro (valor proporcional de la acción sobre el capital). En este caso la empresa gana en valor libro en mayor medida que en acciones. Este tipo de operaciones se denomina “sobre el par”.

Si la emisión resulta por debajo de su valor nominal (bajo el par) disminuye el valor libro y cualquier ratio que considere la acción vendida.

9.10.3 Emisión de acciones

- Sobre el par = aumenta el valor de la acción
- Bajo el par = disminuye el valor de la acción.

Un inversor adquiere una acción esperando que, durante determinado tiempo, la misma tenga mayor valor cual obliga a la firma a tener que aumentar su rentabilidad o al menos mantenerla constante.

El precio al cual está dispuesto a pagar depende de lo que espera recibir a futuro y es por ello fundamental calcular o estimar el nivel de ganancias futuras. La estimación de ganancias debe hacerse a perpetuidad.

Se hace considerando como ganancia el porcentaje del patrimonio de la empresa.

Una acción, excluyendo a las privadas, deben adquirirse en un mercado el cual puede ser primario o secundario.

- Primario: son aquellos donde se negocia la acción ni bien se emiten, por ejemplo, bancos de inversión o de negocios.
- Secundario: la bolsa de valores.

Para determinar el valor de la acción se miden tres factores

1. Nivel de economía global.
2. Nivel del sector.
3. Nivel de la empresa.

Existen varios métodos para determinar el valor de una acción, pero la que más consenso tiene es aquella donde se calcula el descuento de flujos de fondos de caja disponibles para los accionistas. Para poder establecer el flujo de fondos disponibles para los accionistas deben estimarse los futuros componentes del flujo de fondos para los siguientes 4 a 6 a.

Por ejemplo; ingresos, erogaciones, impuestos, amortizaciones, márgenes de utilidad, etc.

Descuentos de dividendos: este método determina el valor intrínseco de una acción conforme a todos los dividendos que se estime la empresa va a distribuir;

$$VP = D_1 (1 + i)^{-1} + D_2 (1 + i)^{-2} + \dots + D_n (1 + i)^{-n}$$

Donde i representa la tasa de capitalización del mercado tomada como base en inversiones en empresas similares (similar riesgo). A perpetuidad este valor se transforma en

$$VP = D \cdot 1/i$$

El problema de este método es que nunca se sabe si la empresa mantendrá o no la política de distribución de dividendos.

Propilenglicol



Bibliografía

Fuentes Bibliográficas.

- C. F. E. Diguilio, «OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE INTERÉS INDUSTRIAL A PARTIR DE LA REVALORIZACIÓN DE GLICEROL,» AAIQ Asociación Argentina de Ingenieros Químicos, vol. VIII, 2015.
- J. C. W. J. Zhongyi Ding, «Process for converting glycerin into propylene glycol». Unites States Patente US 8,394,999 B2, 12 marzo 2012.
- M. A. D. Chuang-Wei Chiu, «Dehydration of Glycerol to Acetol via Catalytic, » American Institute of Chemical Engineers, vol. 52, nº 10, pp. 3543-3548, 2006.
- P. M. C. Estevez, «Evaluación de procesos de transformación de glicerina.,» Proyecto de investigación. Facultad Regional Villa María. Universidad Tecnológica Nacional.
- L. X. Zhou zhimien, «Kinetics of Hydrogenolysis of Glycerol to Propylene Glycol over, » Chinese Journal of Chemical Engineering, vol. 18, nº 3, pp. 384-390,
- Ortiz, V. (2012). CATALIZADORES SOPORTADOS DE COBRE ACTIVOS Y SELECTIVOS EN HIDROGENOLISIS DE GLICEROL A 1,2-PROPANODIOL.
- Pussana Hirunsit, C. L. (2014). Effect of alumina hydroxylation on glycerol hydrogenolysis to 1, 2-propanediol over Cu/Al₂O₃: combined experiment and DFT investigation†. ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY.
- Ramos, L. R. (2006). EQUILIBRIUM LIMITATIONS AND SELECTIVITY ON CONVERSION OF GLYCEROL TO PROPYLENE GLYCOL.
- Sullivan, C. J. (2005). Propanediols - ARCO Chemical Company. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.
- Suppes, G. J. (2005). Estados Unidos Patente nº 2005/0244312.
- TUCK, M. W., & TILLEY, S. (2007). International Publication Number Patente nº WO2007/010299 A1.
- TUCK, M. W., & TILLEY, S. (2008). International Patent Patente nº WO2008/012244.
- Montassier, J. C. (1991). Journal of Molecular Catalysis.
- Chemsystems - Prep Program. (2008). GLYCERINE CONVERSION TO PROPYLENE GLYCOL. NEXANT
- Chiu, C.-W. (2006). CATALYTIC CONVERSION OF GLYCEROL TO PROPYLENE GLYCOL: SYNTHESIS AND TECHNOLOGY ASSESSMENT.
- Chuang-Wei Chiu, M. A. (2006). Dehydration of Glycerol to Acetol via Catalytic Reactive Distillation. AIChE - InterScience.

- Chun-Hui (Clayton) Zhou, J. N.-X. (2007). Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals. Chemical Society Reviews, 7-9.
- Dasari, M. A., Kiatsimkul, P.-P., Sutterlin, W. R., & Suppes, G. J. (2005). Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. 225-231.
- González, J. (2013). Catalizadores para la reacción de transferencia de hidrógeno de un alcohol a glicerina para su conversión en propilenglicol.
- John A. Posada, L. E. (2011). Design and analysis of biorefineries based on raw glycerol: Addressing the glycerol problem.
- Kanitkar, S. R. (2014). Modeling and Analysis of Production of Propylene Glycol over Copper Chromite.
- Chinese Journal of Chemical Engineering, 18(3) 384—390 (2010)
- Kinetics of Hydrogenolysis of Glycerol to Propylene Glycol over Cu-ZnO-Al₂O₃ Catalysts- ZHOU Zhiming
- US7718833 Purificación de glicerol obtenida como Bioproducto de la transterificación triglicéridos en la síntesis de biocombustibles.
- US7586016 B2.
- US7790937 B2.
- LEY N° 19.587
- DECRETO 351/79 - REGLAMENTARIO DE LA LEY 19.587 DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
- Decreto 911/96.
- LEY DE RIESGOS DEL TRABAJO N° 24.557 - Decreto 651/2022.
- Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.
- Norma internacional ANSI A13.1 – 2007 (R2013).
- NORMA IRAM 2507.
- Varios, repositorio UTN.
- ES2526714T3 Hidrogenación de Glicerol a propilenglicol.
- Campos Ramirez, A. Perez Sanchez, A. Benitez-Legrá, I – Estudio Técnico-Económico de dos tecnologías de producción de biodiesel a partir de aceite de soja empleando el simulador SuperPro Designer.
- John Alexander Posada-Duque, Carlos Ariel Carbona-Álzate – Análisis de la Refinación la Glicerina obtenida como co-producto en la producción de Biodiesel.
- Eugene F. Megyesy - Manual de recipientes a presión, LIMUSA.

- Néstor Javier Mariani - Transferencia de calor en sistemas multifásicos.
- YUNUS A. ÇENGEL, JOHN M. CIMBALA - FLUID MECHANICS. FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS. Copyright © MMVI by The McGraw-Hill C.
- Bird Robert, Fenómenos de transporte 2a ed. LIMUSA WILEY 2007.
- Robert E. Treybal - Operaciones de transferencia de masa, 2ed. MCGRAW-HILL.
- Chatterjee, Kumar; Hall, Kelsey; Tell, Samuel, "Glycerol to Propylene Glycol" (2011) Senior Desing Report (CBE).26.
- Octave Levenspiel – Ingeniería de las reacciones químicas, 3ed. LIMUSA WILEY.

Software.

- Aspen HYSYS. Simulador de procesos.
- Microsoft Visio.
- Microsoft Excel.
- AutoCAD.

Anexos