

PROYECTO FINAL DE CARRERA
PRODUCCIÓN DE PROPILENO
A PARTIR DE LA DESHIDROGENACIÓN DE
PROPANO

INGENIERÍA QUÍMICA
INTEGRACIÓN V



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional del Neuquén

Profesores

- **Ezequiel Krumrick**
- **Cristian Silva**
- **Mónica Bolies**

Alumnas

- **Micaela Fernanda Ceballos**
- **Lucia Marlen Ruiz**

Presentación 12/08/2024 – Plaza Huincul, Neuquén

Agradecimientos

Finalizando esta etapa de mi vida, en la que atravesé momentos cargados de emociones, hoy puedo sentirme orgullosa y feliz de haberlo logrado. Este logro no habría sido posible sin la ayuda de mis pilares:

Mamá, me has abrazado, escuchado, y rezado por mí para que mi mente se llenara de sabiduría, para mantener siempre la calma y la fe. Sos la mujer más hermosa, soy una bendecida de tenerte. En esta y en todas las vidas. Okey.

Papá, el hombre más sensible, me enseñaste a laburar por lo que se quiere, te has sacrificado haciendo todo lo posible para que nunca me faltara nada. Me has dado todo y más. Siempre estaremos juntos, de la mano.

Sister, me hiciste creer siempre que todo es posible, me impulsaste a ser mejor, a comprender que todo esfuerzo tiene su recompensa. Me has hecho sentir fuerte, inmensa y confiada. Siempre seremos como dos caballitos de mar.

Antonio, has sido mi apoyo incondicional, dándome sin esperar nada a cambio. Siempre me transmitiste tu paz, tu amor y tu dedicación. Gracias por cuidarme como tu niña más pequeña.

Mati, quien soportó cada lágrima, enojo, tropiezo, frustración, cada alegría, carcajada, nerviosismo, alivio y felicidad. Quien me abrazó y confió en mí. Seguiste mis pasos para demostrarme que podía, recordándome mis raíces y la importancia de agachar la cabeza cuando era necesario para encarar de nuevo con más fuerza. Ojalá siempre.

Los amo, gracias por ser mis pilares. Lo logramos juntos.

A mis perrihijos, familiares y amigos, ¡gracias!

A Mica, mi compañera de proyecto, de cursada, de albergue, de largas noches sin dormir, una amiga que me dio la facultad y a la que agradezco su ayuda y su paciencia. Gracias. Sin vos no hubiese sido posible.

Compañeros de la facultad, profesores y no docentes, quienes siguen estando y a los que ya no. Gracias.

¡Por siempre bancando la Universidad Pública!

Tarda en llegar, pero al final, al final hay recompensa. No dejemos nunca de soñar.

Lucia

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, Alicia, cuyo esfuerzo incansable hizo posible que nunca me faltara nada durante mis años en la Universidad. Sin duda, me ha brindado todas las herramientas necesarias para enfrentar cualquier desafío que la vida me presente. También agradecerle que junto a mis hermanos y mi papa del corazón me brindaron todo el amor y apoyo que necesite en mis momentos más tristes y alegres durante mi carrera.

Agradecer a la UTN-FRN por abrirme las puertas a su universidad pública y de calidad, que me brindó un techo en su Residencia Universitaria donde viví gran parte de mi carrera y me permitió conocer a muchos compañer@s con l@s cuales compartí muchas horas de estudio. A mis profesoras/es que nos brindaron su conocimiento y experiencia para formarnos, a todos los chic@s/estudiantes que fueron nuestros Ayudantes Alumnos que se tomaban un tiempo de su carrera para ayudarnos. También agradecer a todas aquellas personas que me he cruzado durante mis pasantías y ahora lugar de trabajo, que me brindaron sus conocimientos y aportaron un granito de arena a esta tesis.

Agradecer a esta carrera que me permitió conocer a mi compañero de vida Kevin, quien ha sido mi pilar fundamental durante estos años. Gracias amor por acompañarme en cada paso de este camino, por tus palabras de aliento en los momentos más difíciles, por tus abrazos, tus mates durante las horas de estudio, por ayudarnos con las materias que ya habías cursado y por siempre empujarme a seguir adelante.

Por último, quiero agradecer a mi compañera Lucia con quien tuve el placer de convivir en la residencia, con quien compartí muchos almuerzos/cenas, muchas horas de estudio para cada parcial y final, con quien hoy con mucho esfuerzo pudimos completar esta tesis. Gracias Lu por todos los momentos compartidos.

Muchas gracias a todos mis compañeros/amigos y familiares que recorrieron junto a mí esta hermosa etapa de mi vida.

Mica.

Índice

1.	Listado de tablas.....	15
2.	Listado de gráficos	21
3.	Estudio de Mercado	27
3.1.	Resumen ejecutivo	27
3.2.	Objetivos	28
3.3.	Análisis del Mercado	28
3.3.1.	Mercado proveedor	28
3.3.2.	Mercado competidor	33
3.3.3.	Mercado consumidor.....	36
3.3.4.	Demanda insatisfecha de propileno.....	39
3.3.5.	Módulo de producción	41
3.4.	Análisis de Entorno.....	42
3.4.1.	Análisis FODA:.....	42
3.4.2.	Perspectiva interna:	42
3.4.3.	Perspectiva externa:.....	42
3.5.	Conclusión	44
3.6.	Bibliografía	45
4.	Bases de diseño	49
4.1.	Resumen ejecutivo	49
4.2.	Objetivo general de la planta	50
4.3.	Materias Primas	50
4.3.1.	Propano.....	50
4.4.	Productos.....	51
4.4.1.	Propileno	51
4.4.2.	Hidrógeno.....	52
4.4.3.	Butanos.....	53
4.5.	Selección del proceso.....	54
4.5.1.	Producción de Propileno	54

4.5.2.	Tipos de procesos	55
4.5.3.	Justificación del proceso elegido.....	57
4.5.4.	Descripción del proceso Oleflex	58
4.6.	Catalizadores.....	66
4.6.1.	Catalizador para la deshidrogenación catalítica de propano	67
4.7.	Servicios Auxiliares	68
4.7.1.	Agua	69
4.7.1.	Refrigerante R-170:.....	81
4.7.1.	Energía Eléctrica	82
4.7.2.	Gas Natural.....	85
4.7.1.	Hidrógeno – Gas combustible	86
4.7.2.	Sistema de Antorcha.....	89
4.8.	Documentación a presentar	89
4.9.	Identificación de la legislación y normativa requerida	89
4.10.	Conclusión	91
4.11.	Bibliografía	92
5.	Balances de masa y energía del proceso	97
5.1.	Resumen ejecutivo	97
5.2.	Simulación:	98
5.3.	Columnas de destilación	102
5.3.1.	Opción 1 – Columna debutanizadora al inicio del proceso:.....	102
5.3.2.	Opción 2 – Columnas debutanizadora y depropanizadora juntas y al final del proceso: 104	
5.3.3.	Opción 3 – Columna de destilación con extracción lateral:.....	106
5.3.4.	Conclusión:.....	108
5.4.	Análisis Pinch – Red de intercambio de calor	109
5.5.	FlowSheet:	117
5.6.	Balance de masa global:.....	117
5.6.1.	Balance de masa y energía global de la Deshidrogenación de Propano	118
5.6.2.	Balance de masa y energía por equipo y/o unidades:.....	119

5.7.	Conclusión	132
5.8.	Bibliografía	133
6.	Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)	137
6.1.	Resumen ejecutivo	137
6.2.	Definiciones	138
6.3.	Nomenclatura de los instrumentos	138
6.4.	Símbolos de instrumentación	140
6.5.	Simbología de líneas	140
6.6.	Codificación de líneas	141
6.7.1.	Especificaciones y codificaciones utilizadas en líneas:	142
6.7.	Válvulas	143
6.8.	Simbología de equipos	143
6.9.	Filosofía de control	144
6.10.1.	Re boiler	145
6.10.2.	Enfriadores	145
6.10.3.	Tren de intercambio de calor.....	146
6.10.4.	Hornos	146
6.10.5.	Filtros	147
6.10.6.	Compresores.....	147
6.10.7.	Bombas.....	148
6.10.8.	Reactores	148
6.10.9.	Recipientes separadores:	149
6.10.10.	Columnas.....	149
6.10.11.	Tanques	150
6.10.12.	Servicios Auxiliares	151
6.11.	Conclusión:	155
6.12.	Bibliografía:	156
7.	Lay Out de la planta.....	159
7.1.	Resumen ejecutivo	159

7.2.	Objetivos	160
7.3.	Introducción	160
7.4.	Tabla de interrelaciones	161
7.5.	Referencias para distancias mínimas del IRI	163
7.6.	Distancias mínimas entre equipos obtenidos a partir de las recomendadas en IRI 164	
7.7.	Justificación de la distribución y vías de acceso para mantenimiento, carga y descarga, movimiento de camiones y equipos de mantenimiento.....	166
7.8.	Memoria descriptiva con los criterios usados para el diseño del Lay Out.....	167
7.7.	División de áreas dentro del Lay Out.	168
7.8.	Esquema de Lay Out de la planta de Producción de Propileno	169
7.11.	Localización	170
7.12.	Conclusión	172
7.13.	Bibliografía	173
8.	Seguridad de la planta	177
8.1.	Resumen ejecutivo	177
8.2.	Objetivos	178
8.3.	Seguridad de la planta	178
8.3.1.	ZONA I - OPERACIÓN	179
8.3.2.	ZONA II-ALMACENAMIENTO.....	181
8.3.3.	ZONA III-SERVICIOS AUXILIARES.....	181
8.3.4.	TANQUES A NIVEL O ELEVADOS:	182
8.4.	Seguridad e Higiene	183
8.4.1.	Proyecto, Instalación, Ampliación, Acondicionamiento y Modificación	184
8.4.2.	Provisión de Agua Potable.	184
8.4.3.	Desagües Industriales.....	184
8.4.4.	ESTRES TERMICO (Carga térmica).	185
8.4.5.	Ventilación.	185
8.4.6.	Iluminación y Color.	185

8.4.7.	Ruidos y Vibraciones.	186
8.4.8.	Instalaciones Eléctricas.	186
8.4.9.	Máquinas y Herramientas.....	186
8.4.10.	Protección contra Incendios.	187
8.4.11.	Equipos y Elementos de Protección Personal.	187
8.4.12.	Capacitación.	188
8.5.	Seguridad de los Procesos.....	188
8.5.1.	Análisis HAZOP	188
8.5.1.	Aplicación de Análisis HAZOP a NODO N°1 - Etapa de Precalentamiento/Reacción.....	192
8.6.	Actuación ante una emergencia por derrame o incendio de producto en un tanque de Propano	202
8.6.1.	Posibles Escenarios	202
8.6.2.	Unidades afectadas	203
8.6.3.	Riesgos	203
8.6.4.	Actuaciones y Procedimientos de Respuesta Ante Emergencia	204
8.6.5.	Estrategias de evacuación.....	204
8.6.6.	Reanudación segura de las operaciones	205
8.6.7.	Comunicación y Capacitación.....	205
8.7.	Conclusión	206
8.8.	Bibliografía	207
9.	Ingeniería de detalle	211
9.1.	Resumen ejecutivo	211
9.2.	Objetivos	212
9.3.	Intercambiador de calor	212
9.3.1.	Introducción	212
9.3.2.	Tipos de intercambiadores	213
9.3.3.	Partes constituyentes de un intercambiador de calor	213
9.3.4.	Diseño térmico y mecánico	215
9.3.5.	Comparación del Diseño con HTRI V 5.0 y Método de Kern.....	223
9.4.	Separador bifásico horizontal	224
9.4.1.	Clasificación:.....	224

9.4.2.	Ventajas y desventajas:	225
9.4.3.	Principio de operación.....	225
9.4.4.	Etapas de separación	226
9.4.5.	Diseño general de separadores:	227
9.4.6.	Mecanismos de seguridad	228
9.4.7.	Sistemas de alarmas	228
9.4.8.	Accesorios internos de un separador gas-liquido:.....	228
9.4.9.	Cálculo dimensional	229
9.4.10.	Cálculo dimensional – Hysys V.10	232
9.4.11.	Parámetros de diseño.....	234
9.4.12.	Diseño mecánico	235
9.5.	Hojas de datos	241
9.6.	Conclusión	249
9.7.	Bibliografía	250
10.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	253
10.1.	Resumen ejecutivo	253
10.2.	Objetivos	255
10.3.	Alcance del estudio y marco legal	255
10.4.	Metodología aplicada.....	255
10.4.1.	Recopilación de la información.....	255
10.4.2.	Descripción y análisis del proyecto.....	256
10.4.3.	Relevamiento de campo	256
10.4.4.	Caracterización del medio biofísico y sociocultural	256
10.4.5.	Identificación de acciones y efectos	256
10.4.6.	Declaración de impacto ambiental	257
10.4.7.	Plan de gestión ambiental.....	257
10.5.	Ubicación y descripción general del proyecto	257
10.5.1.	Nombre del proyecto	257
10.5.2.	Objetivo y justificación	257
10.5.3.	Localización física del proyecto y situación legal del predio, incluyendo dimensiones, mapas y planos	257

10.6. Descripción pormenorizada del proyecto, obra u acción, para todas las etapas de ejecución (proyecto, construcción, operación y desmantelamiento cuando correspondiera)	258
10.6.1. Definición de las partes del proyecto	258
10.6.2. Procesos.....	262
10.6.3. Unidades.....	262
10.6.4. Acciones del Proyecto	263
10.7. Descripción de las tecnologías a utilizar.....	270
10.8. Descripción de las alternativas del proyecto y motivos para su desestimación..	270
10.9. Identificación de los predios colindantes y actividades que se desarrollan o proyectadas para ellos.....	271
10.10. Determinación del área de afectación directa e indirecta del proyecto.....	271
10.11. Recursos naturales demandados. Tipo y cuantificación	272
10.12. Obras y/o servicios de apoyo que serán demandados	273
10.13. Tipo y volumen de residuos, contaminantes, emisiones y vertidos. Tratamiento y disposición final.....	273
10.13.1. Emisiones	273
10.13.2. Vertidos	275
10.13.3. Residuos	277
10.14. Cronograma de trabajos y plan de inversión para cada una de las etapas detalladas.	278
10.15. Proyectos asociados	279
10.16. Políticas de crecimiento a futuro.....	279
10.17. Requerimientos de mano de obra, para cada etapa	279
10.18. En los casos que correspondiera materias primas demandadas y productos y subproductos producidos	281
10.19. Descripción y análisis del medio natural y socioeconómico	281
10.19.1. Subsistema Físico Natural.....	282
10.19.2. Subsistema Socioeconómico – Cultural.....	309
10.19.3. Medio Socioeconómico - Cultural	311

10.20.	Identificación de impactos y efectos ambientales.....	331
10.20.1.	Árboles de acciones y factores	331
10.20.2.	Identificación de impactos	334
10.20.3.	Impactos Operativos.....	337
10.20.4.	Impactos de Contingencia	341
10.21.	Declaración de impacto ambiental.....	345
10.21.1.	Jerarquización de los impactos.....	345
10.21.2.	Resumen de impactos.....	349
10.22.	Plan de gestión ambiental	349
10.22.1.	Medidas correctoras o de mitigación	349
10.22.2.	Medidas de mitigación de riesgos	352
10.22.3.	Síntesis de medidas de minimización de impactos	354
10.23.	Conclusión	355
10.24.	Bibliografía	356
11.	Estudio Económico - Financiero	361
11.1.	Resumen ejecutivo	361
11.2.	Introducción	362
11.3.	Objetivos	362
11.4.	Determinación de inversiones.....	362
11.4.1.	Inversión fija	363
11.4.2.	Amortización.....	369
11.5.	Ingresos	369
11.6.	Egresos.....	370
11.6.1.	Costos Fijos	370
11.6.2.	Costos Variables.....	373
11.6.3	Egresos totales	374
11.7.	Indicadores Económicos Clave.....	374
11.7.1.	Valor Actual Neto	375
11.7.2.	Tasa Interna de Retorno	375
11.7.3.	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	376

11.8.	Flujo de caja.....	376
11.9.	Punto de equilibrio.....	379
11.10.	Análisis de sensibilidad.....	381
11.9.1.	Análisis de sensibilidad del precio de propano	381
11.9.1.	Análisis de sensibilidad del precio de propileno	382
11.11.	Conclusión	384
11.12.	Bibliografía	385
Anexo I – Hojas de Seguridad.....		387
Anexo II – Diagramas de flujo del proceso.....		389
Anexo III – Diagramas de flujo de servicios auxiliares		391
Anexo IV – Diagramas de tubería e instrumentación del proceso		393
Anexo V – Diagramas de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.....		395
Anexo VI – Diagrama de tubería e instrumentación de Sistema de RCI.....		397
Anexo VII – Planos de Ingeniería de Detalle		399

1. Listado de tablas

[Tabla 1. Empresas productoras de propano líquido, capacidad \(Tn/anales\).](#)

[Tabla 2. Destino de la producción de propano líquido.](#)

[Tabla 3. Empresas con mayor capacidad en Tn/anales de propano.](#)

[Tabla 4. Ubicación de las empresas distribuidoras de propano.](#)

[Tabla 5. Suministro de propano \[Tn/anales\].](#)

[Tabla 6. Productores de propileno en Argentina.](#)

[Tabla 7. Países de competencia internacional.](#)

[Tabla 8. Producción \[Tn\] y Destino del propileno.](#)

[Tabla 9. Empresas consumidoras de propileno en Argentina.](#)

[Tabla 10. Consumo de propileno durante los últimos 10 años.](#)

[Tabla 11. Precio de propileno exportado por Argentina.](#)

[Tabla 12. Precio del propileno considerado.](#)

[Tabla 13. Proyección del consumo del Propileno para los próximos 10 años.](#)

[Tabla 14. Análisis FODA.](#)

[Tabla 15. Propiedades físico – químicas del propano.](#)

[Tabla 16. Especificación y Métodos de ensayo para el propano comercial.](#)

[Tabla 17. Propiedades físico – químicas del propileno.](#)

[Tabla 18. Grados de pureza del propileno.](#)

[Tabla 19. Propiedades físico – químicas del hidrógeno.](#)

[Tabla 20. Propiedades físico – químicas del butano.](#)

[Tabla 21. Ponderación respecto a ventajas y desventajas de las tecnologías vigentes](#)

[Tabla 22. Corrientes características del diagrama de flujo del Proceso.](#)

[Tabla 23. Codificación y nombre de equipos del Proceso.](#)

[Tabla 24. Características importantes del catalizador.](#)

[Tabla 25. Distribución de personal.](#)

[Tabla 26. Consumo de agua de enfriamiento por equipo.](#)

[Tabla 27. Consideraciones para el cálculo de agua de reposición.](#)

[Tabla 28. Cálculo del agua de reposición.](#)

[Tabla 29. Condiciones operativas de la torre de enfriamiento.](#)

[Tabla 30. Consumo de vapor de baja presión por equipo.](#)

[Tabla 31. Consumo de etano como refrigerante.](#)

[Tabla 32. Consumo eléctrico por equipo.](#)

[Tabla 33. Consumo eléctrico de iluminarias.](#)

[Tabla 34. Potencia calorífica de hornos.](#)

[Tabla 35. Datos para el cálculo](#)

[Tabla 36. Consumo energético en columnas Opción 1.](#)

[Tabla 37. Potencia requerida en compresores Opción 1.](#)

[Tabla 38. Área de transferencia en intercambiadores Opción 1.](#)

[Tabla 39. Número de platos en columnas Opción 1.](#)

[Tabla 40. Porcentajes de conversión Opción 1.](#)

[Tabla 41. Eficiencia en las columnas Opción 1.](#)

[Tabla 42. Consumo energético en columnas Opción 2.](#)

[Tabla 43. Potencia requerida en compresores Opción 2.](#)

[Tabla 44. Área de transferencia en intercambiadores Opción 2.](#)

[Tabla 45. Número de platos en columnas Opción 2.](#)

[Tabla 46. Porcentajes de conversión Opción 2.](#)

[Tabla 47. Eficiencia en las columnas Opción 2.](#)

[Tabla 48. Consumo energético en columna Opción 3.](#)

[Tabla 49. Potencia requerida en compresores Opción 3.](#)

[Tabla 50. Área de transferencia en intercambiadores Opción 3.](#)

[Tabla 51. Número de platos en columna Opción 3.](#)

[Tabla 52. Porcentajes de conversión Opción 3.](#)

[Tabla 53. Eficiencia en la columna Opción 3.](#)

[Tabla 54. Tipo de corriente y Temperaturas.](#)

[Tabla 55. Datos de energía obtenidos de Hysys.](#)

[Tabla 56. Cálculo de capacidad calorífica y cambio de entalpía.](#)

[Tabla 57. Diferencia mínima de temperatura.](#)

[Tabla 58. Requerimientos de energía necesarios.](#)

[Tabla 59. Ajuste de temperaturas en corrientes frías.](#)

[Tabla 60. Ajuste de temperaturas en corrientes calientes.](#)

[Tabla 61. Cálculo de entalpía acumulada en corrientes frías.](#)

[Tabla 62. Cálculo de entalpía acumulada en corrientes calientes.](#)

[Tabla 63. Cálculo de cascada de calor.](#)

[Tabla 64. Curva compuesta caliente.](#)

[Tabla 65. Curva compuesta fría.](#)

[Tabla 66. Curva compuesta fría ajustada.](#)

[Tabla 67. Gran curva compuesta.](#)

[Tabla 68. Balance de masa global.](#)

[Tabla 69. Balance de masa T-300.](#)

[Tabla 70. Balance de masa en tren de intercambio de calor.](#)

[Tabla 71. Balance de masa en tren de intercambio de calor.](#)

[Tabla 72. Balance de masa en tren de intercambio de calor.](#)

[Tabla 73. Balance de masa en reactores y hornos intermedios.](#)

[Tabla 74. Balance de masa en reactores y hornos intermedios.](#)

[Tabla 75. Balance de masa en reactores y hornos intermedios.](#)

[Tabla 76. Balance de masa en primera etapa de compresión.](#)

[Tabla 77. Balance de masa en primera etapa de compresión.](#)

[Tabla 78. Balance de masa en segunda etapa de compresión.](#)

[Tabla 79. Balance de masa en segunda etapa de compresión.](#)

[Tabla 80. Balance de masa en tercera etapa de compresión.](#)

[Tabla 81. Balance de masa en tercera etapa de compresión.](#)

[Tabla 82. Balance de masa en etapa de criogenización.](#)

[Tabla 83. Balance de masa en etapa de criogenización.](#)

[Tabla 84. Balance de masa en T-301.](#)

[Tabla 85. Balance de masa en T-301.](#)

[Tabla 86. Variable medida.](#)

[Tabla 87. Funcionalidad del instrumento.](#)

[Tabla 88. Simbología según el tipo de instrumentación.](#)

[Tabla 89. Simbología según la ubicación de la instrumentación.](#)

[Tabla 90. Representación de líneas.](#)

[Tabla 91. Codificación según material.](#)

[Tabla 92. Codificación según fluido.](#)

[Tabla 93. Codificación según grupo de fluido.](#)

[Tabla 94. Codificación serie ASME.](#)

[Tabla 95. Codificación de sobre espesor por corrosión.](#)

[Tabla 96. Interrelaciones entre equipos de la planta.](#)

[Tabla 97. Categorización de unidades como referencia para distancias mínimas.](#)

[Tabla 98. Distancia mínimas entre equipos de la planta.](#)

[Tabla 99. Palabras guía para el análisis Hazop.](#)

[Tabla 100. Valores según la exposición.](#)

[Tabla 101. Valores según la probabilidad.](#)

[Tabla 102. Valores según las consecuencias.](#)

[Tabla 103. Análisis HAZOP aplicado a Nodo n°1.](#)

[Tabla 104. Tipos y valores de riesgos.](#)

[Tabla 105. Propiedades físicas del fluido frío](#)

[Tabla 106. Propiedades físicas del fluido caliente](#)

[Tabla 107. Flujo de calor intercambiado y DLMT](#)

[Tabla 108. Cálculo números adimensionales](#)

[Tabla 109. Valor de Ft](#)

[Tabla 110. Características de diseño lado coraza](#)

[Tabla 111. Características de diseño lado tubos](#)

[Tabla 112. Método Kern lado coraza](#)

[Tabla 113. Método Kern lado tubos](#)

[Tabla 114. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor y área requerida del equipo](#)

[Tabla 115. Cálculo del área del equipo y % de sobredimensionamiento](#)

[Tabla 116. Cálculo de pérdidas de carga lado coraza.](#)

[Tabla 117. Cálculo de pérdidas de carga lado tubos.](#)

[Tabla 118. Comparación entre Método Kern y HTRI.](#)

[Tabla 119. Ventajas y desventajas entre separadores verticales y horizontales](#)

[Tabla 120. Factor K para determinación de Velocidad superficial máxima admisible..](#)

[Tabla 121. Velocidades máximas permitidas.](#)

[Tabla 122. Caudales que atraviesan las boquillas.](#)

[Tabla 123. Cálculo de diámetro de boquilla.](#)

[Tabla 124. Hoja de datos para intercambiador de calor.](#)

[Tabla 125. Hoja de datos para separador.](#)

[Tabla 126. Hoja de datos para columna de destilación.](#)

[Tabla 127. Hoja de datos para compresor.](#)

[Tabla 128. Hoja de datos para bomba.](#)

[Tabla 129. Hoja de datos para reactor.](#)

[Tabla 130. Hoja de datos para horno.](#)

[Tabla 131. Costos de edificación y terreno.](#)

[Tabla 132. Costos de equipos de proceso.](#)

[Tabla 133. Costos en sistemas de red contra incendio.](#)

[Tabla 134. Inversión total en activos fijos.](#)

[Tabla 135. Amortización en período de 10 años.](#)

[Tabla 136. Ingresos por ventas de propileno.](#)

[Tabla 137. Costos fijos de salarios.](#)

[Tabla 138. Costo de mantenimiento.](#)

[Tabla 139. Gasto en materia prima.](#)

[Tabla 140. Gastos en energía eléctrica.](#)

[Tabla 141. Gastos en agua.](#)

[Tabla 142. Gastos en gas natural.](#)

[Tabla 143. Egresos totales.](#)

[Tabla 144. Período de Recuperación de la Inversión \(PRI\).](#)

[Tabla 145. Flujo de caja – Período 0 a 5 años.](#)

[Tabla 146. Flujo de caja – Período 6 a 10 años.](#)

[Tabla 147. Datos necesarios para el cálculo del punto de equilibrio.](#)

[Tabla 148. Punto de equilibrio.](#)

[Tabla 149. Variación del precio de materia prima.](#)

[Tabla 150. Variación del precio del producto final.](#)

2. Listado de gráficos

[Gráfico 1. Empresas productoras de propano.](#)

[Gráfico 2. Exportación de propano \[Tn/anales\].](#)

[Gráfico 3. Precio de propano a través de los años.](#)

[Gráfico 4. Consumo aparente de propileno en Argentina en los últimos 10 años.](#)

[Gráfico 5. Consumo de propileno en Argentina en los próximos 10 años.](#)

[Gráfico 6. Columna debutanizadora.](#)

[Gráfico 7. Tren de intercambio de calor.](#)

[Gráfico 8. Etapa de reacción.](#)

[Gráfico 9. Etapa de separación por compresión en etapas.](#)

[Gráfico 10. Etapa de separación criogénica.](#)

[Gráfico 11. Columna depropanizadora.](#)

[Gráfico 12. Localidades a las que provee agua ABSA.](#)

[Gráfico 13. Torre de enfriamiento.](#)

[Gráfico 14. Lay Out Red Contra Incendios.](#)

[Gráfico 15. Ciclo de refrigeración con etano.](#)

[Gráfico 16. Diagrama de flujo del sistema de refrigeración en paralelo.](#)

[Gráfico 17. Paquete de fluidos.](#)

[Gráfico 18. Reacciones.](#)

[Gráfico 19. Reactores PFR serie.](#)

[Gráfico 20. Datos cinéticos reacción de craqueo.](#)

[Gráfico 21. Datos cinéticos reacción de hidrogenación.](#)

[Gráfico 22. Datos cinéticos reacción de deshidrogenación.](#)

[Gráfico 23. Datos cinéticos, reacción directa e inversa.](#)

[Gráfico 24. % Conversión R-100.](#)

[Gráfico 25. % Conversión R-101.](#)

[Gráfico 26. % Conversión R-102.](#)

[Gráfico 27. % Conversión R-103.](#)

[Gráfico 28. Columna debutanizadora al inicio del proceso.](#)

[Gráfico 29. Ambas columnas al final del proceso.](#)

[Gráfico 30. Columna con extracción lateral.](#)

[Gráfico 31. Curvas compuestas.](#)

[Gráfico 32. Curva compuesta fría ajustada.](#)

[Gráfico 33. Gran curva compuesta.](#)

[Gráfico 34. Red de intercambio de calor, hysys.](#)

[Gráfico 35. FlowSheet Deshidrogenación de Propano.](#)

[Gráfico 36. Columna debutanizadora T-300.](#)

[Gráfico 37. Tren de intercambio de calor, A-100.](#)

[Gráfico 38. Reactores y hornos intermedios, A-100.](#)

[Gráfico 39. Primera etapa de compresión, A-200.](#)

[Gráfico 40. Segunda etapa de compresión, A-200.](#)

[Gráfico 41. Tercera etapa de compresión, A-200.](#)

[Gráfico 42. Etapa de criogenización, A-200.](#)

[Gráfico 43. Columna depropanizadora T-301.](#)

[Gráfico 44. Nomenclatura de instrumentos.](#)

[Gráfico 45. Codificación de líneas.](#)

[Gráfico 46. Simbología de válvulas.](#)

[Gráfico 47. Simbología y Codificación de equipos.](#)

[Gráfico 48. Distancias mínimas recomendadas entre unidades para plantas químicas y petroleras según Industrial Risk Insures \(IRI\).](#)

[Gráfico 49. Lay Out de la planta de Producción de Propileno.](#)

[Gráfico 50. Ampliación de Lay Out de proceso de Producción de Propileno.](#)

[Gráfico 51. Localización de la planta en Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.](#)

[Gráfico 52. Diagrama de tuberías e instrumentación - Etapa de intercambio de calor.](#)

[Gráfico 53. Diagrama de tuberías e instrumentación - Etapa de precalentamiento y reacción.](#)

[Gráfico 54. Configuraciones de intercambiadores de coraza y tubos.](#)

[Gráfico 55. Reporte HTRI Diseño de intercambiador de calor.](#)

[Gráfico 56. Reporte HTRI Diseño de conexiones y tubos.](#)

[Gráfico 57. Reporte final de diseño en HTRI](#)

[Gráfico 58. Plano de intercambiador de calor de coraza y tubo.](#)

[Gráfico 59. Plano de placa de tubos.](#)

[Gráfico 60. Representación ilustrativa de las etapas de separación](#)

[Gráfico 61. Definición de separador del tipo horizontal.](#)

[Gráfico 62. Diseño del separador en Hysys.](#)

[Gráfico 63. Diseño de separador en Hysys, 2.](#)

[Gráfico 64. Punto de equilibrio.](#)

[Gráfico 65. Variación del precio de materia prima.](#)

[Gráfico 66. Variación del precio del producto final.](#)

ESTUDIO DE MERCADO

3. Estudio de Mercado

3.1. Resumen ejecutivo

El análisis exhaustivo del mercado para la producción de propileno en Argentina revela una serie de hallazgos clave que arrojan luz sobre la viabilidad y las oportunidades para la empresa. En primer lugar, al evaluar el mercado proveedor, se identificaron empresas líderes como Compañía Mega S.A. y TGS S.A., que destacan por su capacidad de producción y ubicaciones estratégicas. Este conocimiento permite a la empresa explorar opciones de suministro eficientes y rentables para garantizar un flujo constante de materias primas.

En cuanto al mercado competidor, se observa una competencia tanto a nivel local como internacional. A nivel nacional, se destacan empresas como Pan American Energy, Trafigura Argentina S.A. e YPF S.A., que juegan un papel importante en la producción de propileno. Internacionalmente, países como Brasil emergen como competidores clave, con empresas como Braskem S.A. y Petróleo Brasileiro S.A. dominando el mercado. Esta competencia intensa subraya la importancia de desarrollar estrategias sólidas para diferenciar el producto y mantener la competitividad.

Por otro lado, al analizar el mercado consumidor, se revela una demanda creciente de propileno tanto para el consumo directo como para la producción de polipropileno en Argentina. Se identifican empresas nacionales como Petroquímica cuyo S.A.I.C. como posibles consumidoras, lo que presenta oportunidades para establecer relaciones comerciales sólidas y asegurar un mercado local estable.

El análisis histórico del consumo y los precios del propileno proporcionan información valiosa para entender las tendencias del mercado y anticipar cambios futuros. Además, se destaca la importancia de considerar factores económicos, políticos y sociales que puedan influir en el mercado, como los efectos de la pandemia y las fluctuaciones en los precios internacionales del petróleo.

3.2. Objetivos

Un análisis de mercado sirve para proyectar a futuro la viabilidad de la empresa dentro del mercado basado en datos estadísticos de los últimos años, situación actual y futura. Entre los objetivos más importantes, se tiene:

- Investigar y analizar proveedores, competidores y la demanda del producto.
- Comprender el mercado proveedor de propano y propileno, identificando empresas y evaluando su capacidad de producción y precios.
- Analizar el mercado competidor de propileno a nivel local e internacional para desarrollar estrategias adecuadas.
- Estudiar el mercado consumidor de propileno en Argentina, investigando a las empresas consumidoras, su capacidad de producción y necesidades.
- Evaluar la situación actual y futura del mercado para determinar la viabilidad de la empresa.
- Facilitar la toma de decisiones estratégicas informadas para el éxito en un entorno competitivo.

3.3. Análisis del Mercado

Seguidamente se detalla el análisis de mercado para la producción de propileno en Argentina.

3.3.1. Mercado proveedor

El estudio del mercado proveedor, proporciona información de las posibles empresas que suministrarán las materias primas para la producción. Se analizó la capacidad de la empresa, precios y distancias de transporte.

Para la obtención de propileno se requiere sólo *propano*.

3.3.1.1. Proveedores de propano

En la [tabla 1](#) se considera la producción en toneladas de los últimos años de las empresas dedicadas a la separación del Gas Natural, las cuales serían posibles proveedoras de propano líquido.

En la [tabla 2](#) se detallan los destinos de la producción de ésta materia prima.

Delante, se presentan datos de producción en el año 2022 de propano, teniendo en cuenta sólo las industrias que tienen mayor capacidad, en la [tabla 3](#) se puede visualizar la capacidad de las mismas y comparando con la información del anuario IPA 2023, se verifica que en ambas fuentes no existe variación significativa.

Tabla 1. Empresas productoras de propano líquido, capacidad [Tn/anales]

Fuente: Anuario IPA, 2023, p.31.

Nombre de la empresa	2018	2019	2020	2021	2022
Pampa Energía (incluye Petrol, Entre Lomas)	0	0	0	0	0
Total Austral	38.810	109.864	109.397	100.878	110.428
YPF S.A.	13.960	27.085	87.437	64.665	75.118
TGS S.A.	316.989	367.283	402.532	390.930	398.900
Compañía Mega S.A.	431.986	484.230	472.168	461.170	555.710
Refinor	116.228	53.167	17.259	18.064	34.924
Otros	74.217	50.000	51.838	54.000	49.454
Propano no fraccionado en LPG obtenido de GN (60%)	33.836	28.263	30.000	58.000	25.523
Subtotal a partir del gas natural	1.026.026	1.119.892	1.170.631	1.147.707	1.250.057
Obtenido en refinerías y petroquímicas	234.136	247.734	194.322	251.828	224.826
Total país	1.260.162	1.367.626	1.364.953	1.399.535	1.474.883

Tabla 2. Destino de la producción de propano líquido

Fuente: Anuario IPA, 2023, p.31.

Usos	2018	2019	2020	2021	2022
Consumo Petroquímico	74.421	39.665	35.000	68.821	53.679
Consumos como combustible	694.336	838.713	838.365	829.750	920.208
Exportación	515.894	618.902	578.094	487.521	487.521
Exportación como LPG	23.949	23.806	16.401	16.850	16.882
Exportación Total	491.945	491.945	491.945	504.371	504.403
Importación	540	2.697	357	9.640	3.407

Usos	2018	2019	2020	2021	2022
Precio medio exportación (FOB U\$/t)	529	320	271	536	585
LPG indiluído distribuido por redes	0	61.300	51.000	47.514	74.668

Tabla 3. Empresas con mayor capacidad en [Tn/anuales] de propano

Fuente: Secretaría de Energía Presidencia de la Nación, 2022.

Nombre de la empresa	2022
Compañía Mega S.A	557.350
TGS S.A.	398.891

Posteriormente, en la [tabla 4](#) se listan todas las empresas y las ubicaciones de las mismas.

Tabla 4. Ubicación de las empresas Productoras de propano

Fuente: Secretaría de Energía Presidencia de la Nación, 2022.

Empresas	Planta y Localización
Pampa Energía	Zárate – Buenos Aires
Total Austral	Tierra del Fuego
YPF S.A.	Loma Negra, Cutral Có – Neuquén
TGS S.A.	Complejo Cerri Bahía Blanca – B.A
Compañía Mega S.A.	Bahía Blanca – B.A
Refinor	Campo Durán – Salta
Capex S.A.	Agua del cajón, Neuquén
Raizen Argentina S.A.U	DOCK SUD, B.A
YPF S.A.	El portón, Neuquén
PAE S.L.	Campana, B.A
Pluspetrol S.A.	Centenario, Neuquén
Compañía general de combustibles S.A	Planta del condor, Santa Cruz
YPF S.A.	Estación Fernández Oro, Rio Negro
YPF S.A.	Lujan de Cuyo, Mendoza
YPF S.A.	San Sebastián, Tierra del Fuego
Vista Oil & Gas Argentina S.A.U	Entre Lomas, Rio Negro
Rio Cullen Las Violetas S.A y Otros, UTE	Planta San Luis, Yacimiento Rio Cullen

- **Compañía Mega S.A:** es una empresa argentina que opera desde el 2001. La planta separadora ubicada en Loma La Lata - Neuquén procesa más del 50% del gas natural producido, logrando la separación de metano o gas seco provisto a YPF S.A y los líquidos retenidos son enviados a través del poliducto de 600 km hacia la planta fraccionadora de Bahía Blanca, donde el etano es suministrado a Dow a través de un ducto, propano y butano se almacenan en tanques de 35.000 m³ cada uno para su futura comercialización nacional y exportación, por último, la gasolina es suministrada a Petrobras.
- **TGS – Transportadora de Gas del Sur:** es la transportadora de gas más grande de Latinoamérica trabajando desde 1992. En el Complejo General Cerri ubicado en Bahía Blanca se lleva a cabo la producción de líquidos del gas natural y en planta Galván el almacenamiento y despacho de productos. En 2022 fueron líderes en producción de etano, propano y butano. El despacho de productos tiene destino local e internacional tanto vía marítima como terrestre.

Otro dato importante obtenido es el conocimiento de la cantidad que se exporta del total de producción de propano. Se adjuntan el [gráfico 1](#) y [gráfico 2](#) para mejor entendimiento.

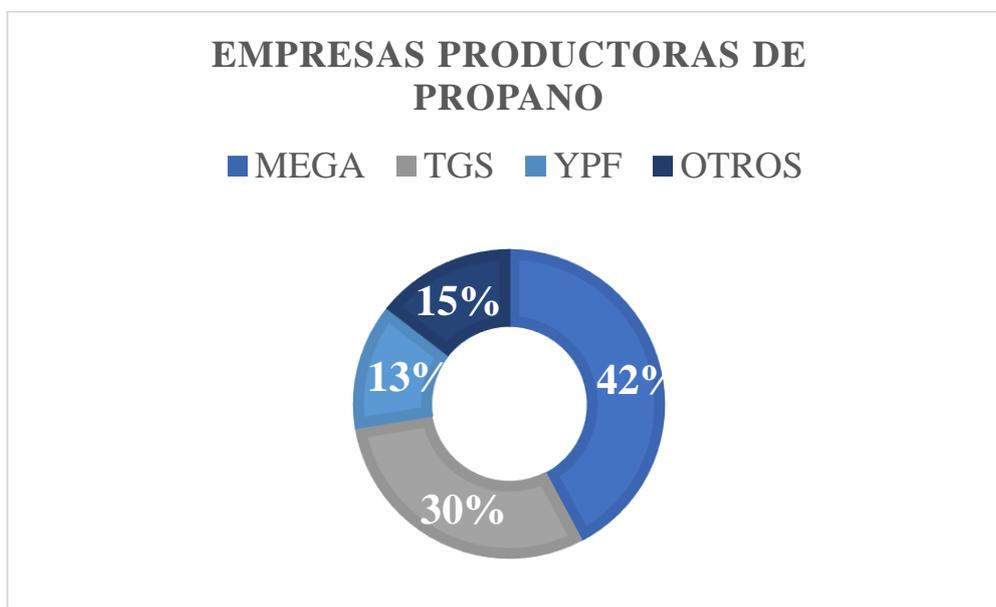


Gráfico 1. Empresas productoras de propano

Fuente: YPF S.A, 2022.

Por consiguiente se pudo calcular y obtener las Tn/anuales de propano líquido que podrían suministrarnos. Como se visualiza en la [tabla 5](#).

Tabla 5. Suministro de propano [Tn/anales]

MEGA	557.710	293.344	264.366
TGS	398.891	197.458	201.433
TOTAL	-	-	465.799

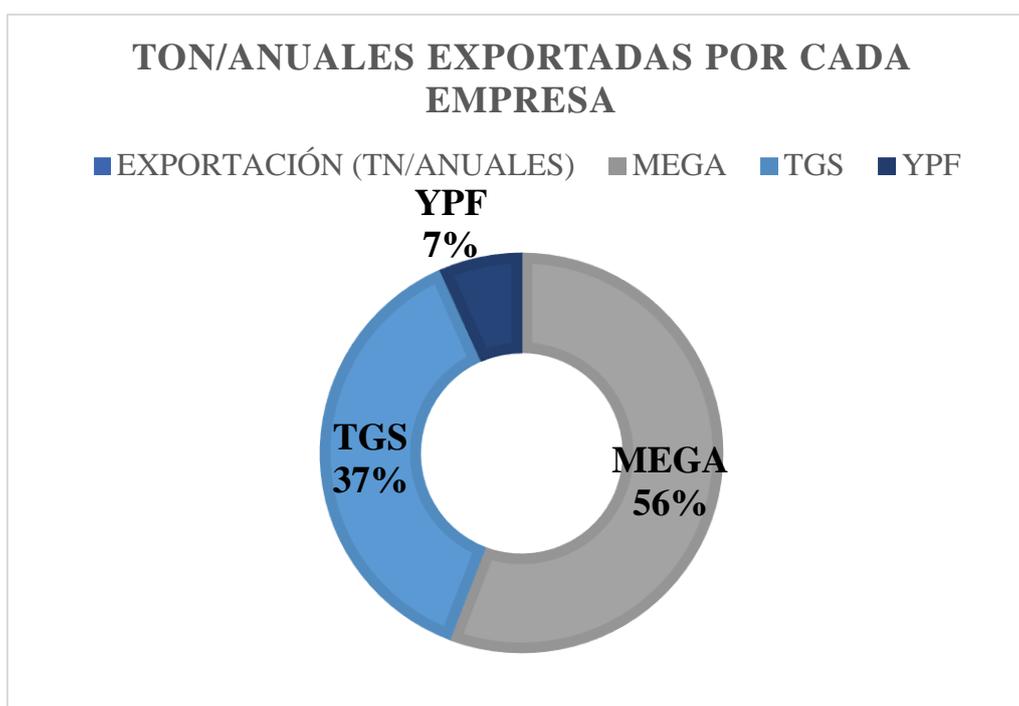


Gráfico 2. Exportación de propano [Tn/anales]

Fuente: YPF S.A, 2022.

El suministro de propano sería de 465.799 Tn/anales (53,912 Tn/h), que sería la cantidad que queda disponible para distribución local de estos dos grandes mercados.

En el [gráfico 3](#) se observa la variación del precio de la tonelada de propano por año valorizado en dólares, obtenida a partir de los datos mostrados en la [Tabla 2](#).

Se analiza que el precio disminuye desde el 2018 hasta mediados del 2019 y tiene una suba considerable entre 2021-2022, consideramos que esta suba es el resultado luego de los años de pandemia, se espera que a futuro esta variación sea descendente como lo era años anteriores.

La elección de la empresa proveedora de propano se determinará dependiendo de la oferta y demanda del momento.

3.3.2. Mercado competidor

El mercado competidor, está formado por las empresas que producen y comercializan productos similares a los del proyecto. Por lo tanto, es importante conocer la estrategia comercial que se desarrollará para enfrentar a la competencia frente al mercado consumidor.

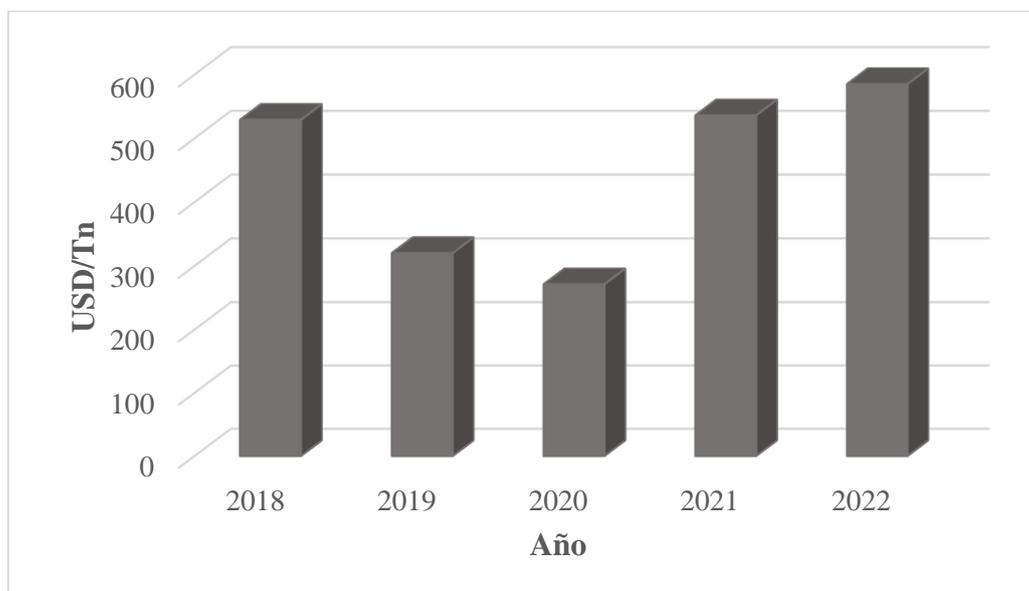


Gráfico 3. Precio por tonelada de propano a través de los años

Fuente: Anuario IPA, 2023, p.31.

3.3.2.1. Productor de propileno Local

Se mencionan a continuación las empresas involucradas en la producción de propileno en la Argentina durante los últimos 5 años.

Tabla 6. Productores de propileno en Argentina

Fuente: Secretaría de Energía Presidencia de la Nación

Productores		Cantidad importada, Toneladas	
Operador	Planta	2021	2022
Pan American Energy, S.L., Sucursal Argentina	Ensenada Petroken	21.188	25.445
Trafigura Argentina S.A.	Refinería bahía blanca	14.947	11.298
YPF S.A.	Petroquímica cuyo	217.075	202.731

Productores		Cantidad importada, Toneladas	
Operador	Planta	2021	2022
Trafigura Argentina S.A.	Ensenada Petroken	-	3.867
Trafigura Argentina S.A.	Lujan de cuyo, Mendoza	-	247,3
Pan American Energy, S.L., Sucursal Argentina	Petroquímica cuyo	120,5	995,2
Raizen Argentina S.A.U	Dock sud	36.209	-

3.3.2.2. Productor de propileno internacional

Seguidamente se presenta la [tabla 7](#) con algunos de los países competidores internacionales en orden descendente de exportación en el año 2022.

Tabla 7. Países de competencia internacional.

Fuente: TradeMap, 2022.

Exportadores	Cantidad exportada, Toneladas				
	2018	2019	2020	2021	2022
Mundo	7.296.671	No hay cantidades	7.008.380	7.310.893	6.555.832
Corea	1.674.320	1.656.562	1.505.176	1.653.494	1.633.337
Países Bajos	761.258	778.027	713.501	747.020	632.944
Taipei Chino	599.941	624.259	376.630	604.538	611.163
Estados Unidos de América	610.054	842.352	784.278	436.482	553.799
Japón	728.310	894.739	766.358	566.056	538.426
Alemania	244.198	263.222	286.951	383.487	354.664
España	307.780	227.622	241.449	289.168	305.451
Italia	248.780	224.090	211.696	276.767	223.037
Bélgica	86.123	103.192	159.739	222.544	145.292
Portugal	129.532	165.637	155.577	173.992	141.043
Tailandia	210.193	160.215	175.782	240.108	131.549
Malasia	5.033	14.123	46.801	40.505	121.590
Arabia Saudita	322.894	70.900	85.960	185.637	116.430

Exportadores	Cantidad exportada, Toneladas				
	2018	2019	2020	2021	2022
Reino Unido	234.450	No hay cantidades	204.099	139.470	107.333
Rusia, Federación de	98.707	84.330	54.938	169.231	102.982
Finlandia	17.465	No hay cantidades	51.640	22.416	101.983
Francia	107.964	120.499	196.728	117.633	91.056
Serbia	96.998	83.609	106.268	95.653	79.626
Hungría	126.479	123.958	115.019	103.576	70.189
Rumania	60.518	93.604	83.321	75.265	69.418
Suecia	0	39.255	1	77.359	65.019
Lituania	0	47.883	72.899	76.935	55.307
Letonia	0	17.261	50.902	69.680	54.692
Canadá	201.155	187.012	146.350	78.881	41.744
China	3.440	11.676	13.365	90.937	38.835
Polonia	1.013	18.342	23.898	48.648	25.798
Bulgaria	15.248	21.525	9.044	1.172	23.778
Zona franca	18.924	10.341	7.908	25.039	19.670
Ucrania	83.726	89.662	93.647	101.317	19.385
Brasil	7.657	27.570	23.164	66	17.002
Croacia	0	0	6.314	20.462	16.897
Türkiye	20.554	24.703	88.926	27.908	14.354
Austria	20.844	31.610	10.467	6.793	11.254
Eslovaquia	4.059	3.112	3.397	7.628	5.457

En Latinoamérica según el anuario APLA obtenido del 2020 el país que más capacidad productiva tiene es Brasil con sus dos compañías productoras:

- **Braskem S.A.**: industria de polipropileno a partir de propileno.
- **Petróleo Brasileiro S.A.**: empresa petroquímica y de refinación, produce propileno a partir de la destilación y procesamiento del petróleo crudo o de gas natural.

Se encontró que en el 2020 Braskem anunció la puesta en marcha de su nueva unidad de producción de polipropileno Delta en La Porte (estado norteamericano de Texas) la primera construida en EEUU. La capacidad productiva estimada es de 450mil Tn/año. Esta empresa cuenta con cinco fábricas más en EEUU, siendo tres en Texas, una en Pensilvania y una en

West Virginia; las seis unidades tienen una capacidad de producción de 2 millones kta anuales.

Mientras que de Petróleo brasilero la última actualización de información se informó que Petrobras en el mes de septiembre registró una producción de 4,1 millones de barriles equivalentes de petróleo (boe).

3.3.3. Mercado consumidor

Mercado consumidor se refiere a los compradores que adquieren los bienes y servicios de la empresa.

3.3.3.1. Consumidores de propileno

En la [tabla 8](#) se considera la producción en toneladas de los últimos años y el destino del propileno en Argentina, lo cual nos permite establecer una cantidad estimada de consumo de este producto nacionalmente.

Tabla 8. Producción [Tn] y Destino del Propileno
Fuente: Anuario IPA, 2023, p.32

Nombre de la empresa	2018	2019	2020	2021	2022
Producción en refinerías	290.372	280.852	192.466	288.854	302.097
Producción en petroquímicas	39.536	19.867	13.360	36.715	44.474
Producción total	329.908	300.719	205.826	325.569	346.571
Importación	-	562	600	2.007	5.111
Consumo petroquímico	297.305	269.620	198.339	288.094	301.384
Usos como combustible y otros destinos	32.603	31.099	7.487	37.475	45.187

Además, es importante tener en cuenta que en nuestro país existe producción de propileno para la obtención final de polipropileno. En la [tabla 6](#) se indican aquellas empresas y la cantidad importada en Tn/anuales de la materia prima.

Según estos datos y asumiendo que la cantidad importada es para satisfacer la demanda de polipropileno, estas industrias de Ensenada y Lujan de Cuyo podrían ser futuras consumidoras.

Considerar que la relación, en una reacción de polimerización de propileno, es 1:1 [propileno/polipropileno].

Asimismo, la idea es ser una empresa exportadora y competitiva internacionalmente en lo que respecta a la producción de propileno.

En la [tabla 9](#) se detallan las posibles empresas nacionales consumidoras del propileno.

Tabla 9. Empresas consumidoras de propileno en Argentina

Nombre de la empresa	Localización	Capacidad de producción de polipropileno (Tn/anuales)
Petroquímica Cuyo S.A.I.C.	Lujan de Cuyo, Mendoza	130.000
Petroquímica Cuyo S.A.I.C.	Ensenada, Buenos Aires	180.000

A posterior se analiza el consumo de propileno en los últimos diez años, según datos proporcionados por los Anuarios IPA 2018 al 2023 ([Tabla 10](#)), para tener una proyección de la demanda del producto. Se observa en el [gráfico 4](#) que el consumo de propileno tuvo una baja pronunciada durante la pandemia, si bien la pendiente es negativa, el consumo ha ido en aumento en los últimos años, por lo que se considera favorable la producción del mismo y se aferra a la posibilidad existente de un consumo ascendente.

Tabla 10. Consumo de Propileno durante los últimos 10 años.

Consumo de Propileno (Tn)	Años
282.274	2013
276.331	2014
317.463	2015
310.629	2016
304.803	2017
297.305	2018
269.620	2019
198.339	2020
288.094	2021
301.384	2022

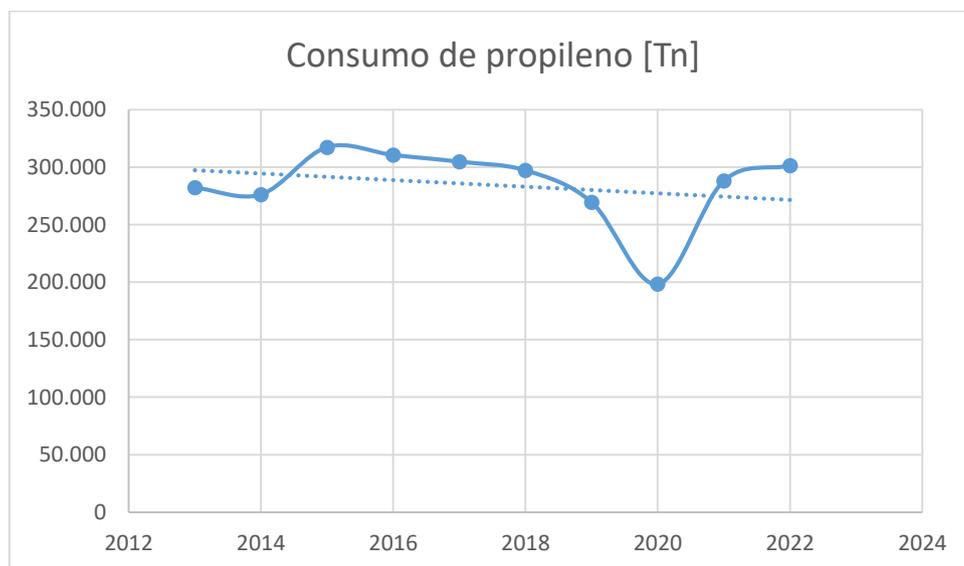


Gráfico 4. Consumo aparente del Propileno en Argentina en los últimos 10 años.

Para definir el costo de propileno se analizó el mercado internacional en los últimos 10 años. Los precios han tenido variaciones debido a dinámicas del mercado, como indicamos anteriormente, factores geopolíticos, variaciones en el precio del petróleo crudo, fluctuaciones en la oferta y demanda, etc.

En la [tabla 11](#) se encuentra el rango del costo de propileno en la última década, además se indica el valor asumido para calcular el costo promedio que luego utilizaremos como base para el estudio financiero del producto final que se comercializará.

Tabla 11. Precio del propileno en los últimos 10 años.

Fuente: Perplexity AI, 2024

Rango Dólar/Tn métrica	Valor asumido Dólar/Tn métrica	Años
800-1.200	1.200	2013
800-1.200	1.200	2014
800-1.200	1.200	2015
600-800	800	2016
600-800	800	2017
1.000	1.000	2018
800-1.000	1.000	2019
800-1.000	900	2020
1.300	1.300	2021
1.000-1.200	1.200	2022
800-900	900	2023

Tabla 12. Precio del propileno considerado

Precio de Propileno en el último año (u\$/Tn)	Últimos 10 años
1.150	Promedio

3.3.4. Demanda insatisfecha de propileno

Es importante realizar una proyección del consumo que se espera en los años posteriores, por eso en el [gráfico 5](#) se dan a conocer los datos esperados para los próximos 10 años. Dicho gráfico se obtiene mediante una herramienta que tiene Excel (Previsión), la cual utiliza datos históricos para generar una hoja de cálculo con un pronóstico visual del consumo que se espera para el futuro.

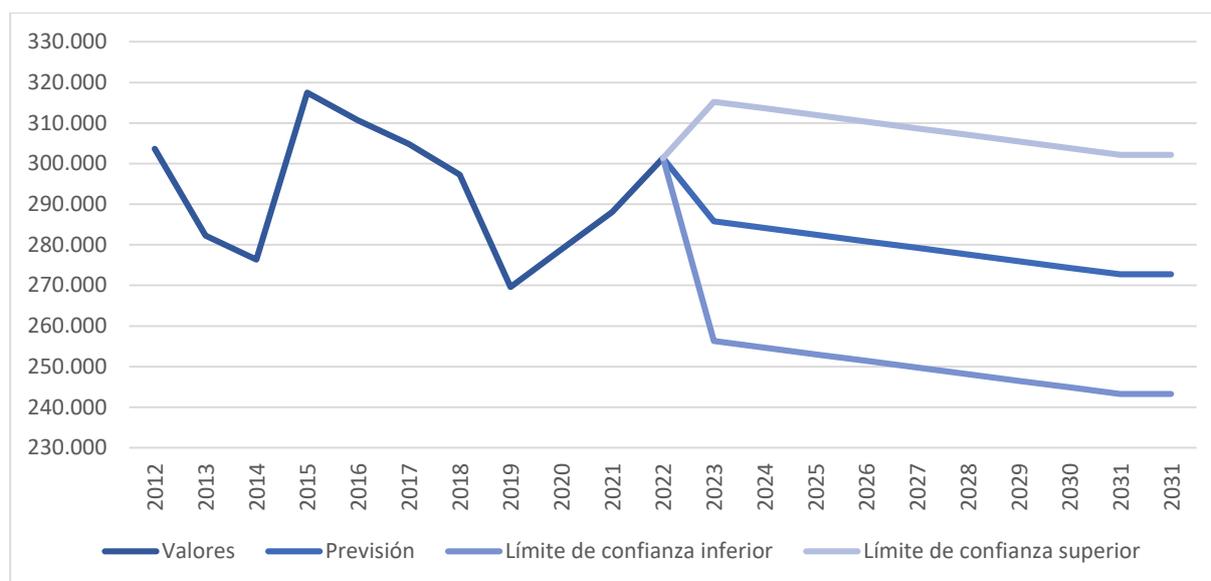


Gráfico 5. Consumo de propileno en Argentina en los próximos 10 años.

Mediante el análisis gráfico se puede ver una representación visual del comportamiento proyectado del consumo de propileno desde el año 2022 hasta el 2031. Se distinguen tres líneas: una línea central que representa la previsión del consumo de propileno y dos líneas adicionales, identificadas como límites de confianza superior e inferior, las cuales indican el rango probable de variación entre las proyecciones y los valores reales.

Al examinar la tendencia del consumo de propileno, se observa una disminución general en su consumo a lo largo del período proyectado. Esta tendencia a la baja se presume que está influenciada por los años marcados por la pandemia. Con base en este análisis, se infiere que la crisis sanitaria mundial ha ejercido una influencia significativa en la demanda y el consumo de propileno.

Cabe mencionar que, en el año 2020, se ha considerado que el valor del consumo de propileno es un promedio entre los datos de los años 2019 y 2021. Esta consideración se basa en el reconocimiento del impacto directo que la pandemia tuvo en la economía mundial durante ese período. La necesidad de promediar estos datos sugiere una interrupción significativa en el patrón de consumo normal debido a los desafíos económicos y operativos planteados por la pandemia.

Sin embargo, según (Future Market Insights Inc. [FMI], s.f.) se espera que el mercado mundial de propileno aumente un 3,2% anual en los próximos diez años. Este optimismo se basa en la observación histórica de que, antes de la crisis mundial, el consumo de propileno mostraba una tendencia favorable, al aumento en el consumo de polipropileno que es el producto final más importante del propileno y a la expansión de las industrias petroquímicas.

Cuando se crea el gráfico automáticamente se crea una tabla con los datos iniciales y tres columnas, como se observa a continuación:

Tabla 13. Proyección del consumo del Propileno para los próximos 10 años.

Escala de tiempo	Valores	Previsión	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
2012	303.653			
2013	282.274			
2014	276.331			
2015	317.463			
2016	310.629			
2017	304.803			
2018	297.305			
2019	269.620			
2020	278.857			
2021	288.094			
2022	301.384	301.384	301.384	301.384
2023		285.771	256.306	315.237
2024		284.138	254.672	313.604
2025		282.505	253.038	311.971
2026		280.871	251.405	310.338
Escala de tiempo	Valores	Previsión	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
2027		279.238	249.771	308.706
2028		277.605	248.136	307.073
2029		275.971	246.502	305.441
2030		274.338	244.867	303.809
2031		272.705	243.232	302.178

3.3.5. Módulo de producción

Respecto al módulo de producción, está relacionado a cuanto producirá anualmente la empresa.

A partir de la simulación efectuada en el simulador Hysys V.10 con la cantidad disponible de materia prima descrita en la [tabla 5](#) luego de analizar los proveedores en el año 2022 y considerando los días de trabajo productivo; estableciendo 35 días sin elaboración por

eventuales paros de planta (cortes de energía eléctrica, mantenimiento preventivo, falta de abastecimiento de productos, entre otros), resulta de una producción anual de 318.900 Tn de propileno, aproximadamente. Lo cual nos permite abastecer a algunas empresas dedicadas a la producción de polipropileno a partir de propileno en el mercado local y ser competitivos con el mercado internacional.

3.4. Análisis de Entorno

3.4.1. Análisis FODA:

También conocido como análisis DAFO o matriz DAFO, resume los aspectos claves de un análisis del entorno de una actividad empresarial (perspectiva externa) y de la capacidad estratégica de una organización (perspectiva interna).

Tiene múltiples aplicaciones y puede ser utilizado en diferentes unidades de análisis, tales como producto, mercado, producto-mercado, línea de productos, corporación, empresa, división, unidad estratégica de negocios, entre otras.

3.4.2. Perspectiva interna:

Tiene que ver con las fortalezas y debilidades del negocio, aspectos sobre los cuales los gestores de la empresa tienen algún grado de control.

Las *debilidades* son aquellos factores internos que limitan la capacidad de desarrollo del negocio.

Las *fortalezas* son aquellos factores internos en los que la empresa tiene una ventaja competitiva y que permitirán sacarle más rendimiento a las oportunidades o superar las amenazas.

3.4.3. Perspectiva externa:

Mira las oportunidades que ofrece el mercado y las amenazas que debe enfrentar el negocio en el mercado seleccionado, circunstancias sobre las cuales los promotores del proyecto tienen poco o ningún control directo.

Las *amenazas* son aquellos factores externos que pueden dificultar a la empresa alcanzar sus objetivos.

Las *oportunidades* aquellos factores externos que pueden otorgar a la empresa una ventaja competitiva.

En fin es una matriz de toma de decisiones estratégicas, que tiene como objetivos convertir las debilidades en fortalezas y las amenazas en oportunidades.

Tabla 14. Análisis FODA.

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> -Inserción en el mercado. -Alto Costo inicial de capital. 	<ul style="list-style-type: none"> -Fluctuaciones de la moneda. -Posible disminución en la demanda del producto. -Posibles competencias nacionales a futuro.
Fortaleza	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> -Calidad del producto. -Personal calificado y motivado. -Disponibilidad de materia prima. -Localización estratégica. 	<ul style="list-style-type: none"> -Primer empresa enfocada principalmente a la producción de propileno en Argentina. -Expansión en el mercado internacional.

3.5. Conclusión

La investigación ha identificado y evaluado a los proveedores de propano, el único insumo necesario para producir propileno, destacando la capacidad de producción y la logística de compañías como Transportadora de Gas del Sur (TGS) y Compañía Mega S.A. Estos proveedores tienen una capacidad combinada significativa que puede satisfacer las necesidades de propano para la producción de propileno.

A nivel internacional, nuestra empresa se posicionará como un competidor sólido gracias a una producción final de propileno estimada en 318.900 toneladas anuales.

Además, nuestra ubicación en el Parque Industrial de Bahía Blanca nos otorga una ventaja logística importante, facilitando la distribución del producto final a través de rutas marítimas y ofreciendo un acceso directo a las embarcaciones.

La producción de propileno se ha visto afectada por la pandemia, pero se espera un aumento del 3.2% anual en la demanda mundial de propileno en la próxima década, impulsado por el crecimiento del mercado de polipropileno y la expansión de las industrias petroquímicas.

En resumen, Argentina tiene un mercado de propileno con proveedores confiables, una capacidad de producción significativa y una demanda en recuperación, lo que posiciona favorablemente a las empresas locales para competir en el mercado internacional. La estrategia comercial debe enfocarse en la optimización de la oferta y demanda, y en la adaptación a las fluctuaciones del mercado global para asegurar la competitividad y sostenibilidad del sector.

3.6. Bibliografía

- Altair Consultores. (s.f.). *LA ELABORACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO*. ECO3 Colecciones.
- Asociación Petroquímica y Química Latinoamericana (APLA). (2013-2014). *Anuario Petroquímico Latinoamericano*.
- BRASKEM. (24 de junio de 2020). *Braskem concluye construcción y empieza proceso de puesta en marcha de la nueva unidad de producción de polipropileno en La Porte, Texas*. <https://www.braskem.com.br/detalhe-noticia-es/braskem-concluye-construccion-y-empieza-proceso-de-puesta-en-marcha-de-la-nueva-unidad-de-produccion-de-polipropileno-en-la-porte-texas>
- COMPAÑÍA MEGA S.A. (06 de febrero de 2020). *¿Conoces el proceso de producción de la Planta Mega Separadora Loma La Lata, Vaca Muerta – Neuquén?*. [Video] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Oyc1XsNhQg8&t=9s>
- COMPAÑÍA MEGA S.A. (06 de febrero de 2020). *¿Sabés cuál es la función de la Planta Fraccionadora de Bahía Blanca?*. [Video] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=kIand59igqU>
- Future Market Insights Inc. (s.f.). *Propylene Market*. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/propylene-market>
- Futuro Vaca Muerta. (17 de mayo de 2019). *Ing. Pablo Popik – Compañía Mega – Futuro Vaca muerta – 15-05-19 Neuquén*. [Video] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Xm5hiw0fHcs&t=191s>
- Instituto Petroquímico Argentino (IPA). (2018). *Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina*. Anuario IPA, 38° Ed.
- Instituto Petroquímico Argentino (IPA). (2023). *Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina*. Anuario IPA, 43° Ed.
- Mañez, R. (2020). *Cómo hacer el Análisis DAFO de una empresa paso a paso [Ejemplos]*. Recuperado de <https://rubenmanez.com/como-hacer-analisis-dafo-empresa/>
- MarketScreener. (17 de octubre de 2023). *Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras anuncia los resultados de producción del mes y del tercer trimestre finalizados en septiembre*

2023. <https://es.marketscreener.com/cotizacion/accion/PETROBRAS-6496795/noticia/Petr-leo-Brasileiro-S-A-Petrobras-anuncia-los-resultados-de-produccion-del-mes-y-del-tercer-tri-45079875/>

Perplexity AI. (07 de agosto de 2024). *Precios internacionales FOB/CIF de propileno en los últimos 10 años*. https://www.perplexity.ai/search/propylene-fob-cif-international-uGS3P4aYST6utYas_xh_Bw

QUIMICA.ES. (s.f.). *Propileno*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023 de <https://rubenmanez.com/como-hacer-analisis-dafo-empresa/>

Secretaría de Energía Presidencia de la Nación. (s.f.). *CONSULTA DE PRECIOS Y VOLÚMENES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO*. https://glp.se.gob.ar/pv_glp/publico/reporte_produccion_por_planta.php?cuit=%25&planta=%25&producto=Propano&mesdesde=1&aniodesde=2022&meshasta=12&aniohasta=2022&tmptxt=73626461&consultar=Consultar

TGS-Líquidos. (s.f.). Recuperado el 7 de noviembre de 2023 de <https://www.tgs.com.ar/Negocios/Liquidos>

TradeMap-Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. (s.f.). Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <https://www.trademap.org/Index.aspx>

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

4. Bases de diseño

4.1. Resumen ejecutivo

La planta tiene como objetivo satisfacer la demanda de propileno en Argentina y competir internacionalmente, produciendo 318.900 toneladas anuales mediante la deshidrogenación de propano.

El propano, obtenido del gas natural, se utilizará como materia prima, cumpliendo con especificaciones de calidad. El proceso seleccionado es Oleflex, una deshidrogenación catalítica no oxidativa, utilizando catalizadores de platino soportados sobre pellets de alúmina modificados con estaño. Se espera obtener un 86% de pureza en propileno.

Empresas químicas y energéticas podrían ser compradores potenciales. El proyecto incluye etapas de reacción, regeneración del catalizador y separación del propileno, garantizando calidad en la producción.

En cuanto a los servicios auxiliares, se contempla la provisión de recursos esenciales. El agua se utilizará en múltiples procesos, con un consumo estimado de 3.950 litros diarios de agua potable suministrada por Aguas Bonaerenses S.A. La refrigeración se realizará en parte por agua de enfriamiento y por otra con etano. Se generará vapor de baja presión para procesos de calentamiento y se implementará una red contra incendios conforme a regulaciones específicas. Se utilizará gas natural como combustible para hornos y reboilers, por último se planificará un sistema de antorcha para la quema segura de gases.

Se garantizará el cumplimiento de normativas de calidad, seguridad y estándares de diseño.

4.2. Objetivo general de la planta

Como empresa se buscará compensar la demanda insuficiente de propileno en Argentina y ser competencia internacional, la producción anual equivalente será de aproximadamente 318.900 toneladas a través de un proceso de deshidrogenación de propano.

4.3. Materias Primas

Para el proceso de deshidrogenación de propano la materia prima es el propano como tal.

4.3.1. Propano

Es un gas incoloro e inodoro, pertenece al grupo de los hidrocarburos alifáticos (alcanos), siendo su fórmula molecular C_3H_8 . Es inerte a temperatura ambiente con la mayoría de los reactivos. Se suele obtener del gas natural (como es en nuestro caso) o de los gases de los procesos de “cracking” producidos en las instalaciones petroquímicas. Es muy utilizado como combustible, aprovechándolo energéticamente.

En la [tabla 15](#) se presenta un resumen de propiedades físico químicas del compuesto.

Tabla 15. Propiedades físico-químicas del propano

Propiedad	Valor
Punto de ebullición	-42 °C
Punto de Fusión	-188 °C
Densidad	1,83 kg/m ³
Solubilidad en agua	0,08 kg/m ³
Peso Molecular	44 g/mol

En la Resolución de Secretaría de Energía 07/2006 se especifica la calidad en la que se debe comercializar el gas licuado de propano.

En la [tabla 16](#) se observan las especificaciones y métodos de ensayo para el propano comercial, correspondiendo la misma al anexo I de la resolución.

Tabla 16. Especificaciones y Métodos de ensayo para el propano comercial.*Fuente: Anexo I - Resolución de Secretaría de Energía 07/2006*

Parámetro	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Butano y superiores	ml/100 ml		2.5	ASTM D 2163
Presión de vapor (100°F=37,8 °C)	Psig		208	ASTM D 1267
	kPa		1.434	
Temperatura de evaporación del 95%	°C		-38,3	ASTM D 1837
Residuo no evaporado	ml/100 ml		0,05	ASTM D 2158
Ensayo mancha oleosa		Pasar ensayo		
Humedad		Cumplirá el ensayo		ASTM D 2713 o
				GPA 2140
				(Dryness test)
				(Bromuro de cobalto)
Azufre total	Ppm w		185	ASTM D 2784
Sulfuro de hidrógeno		Cumplirá ensayo (no contendrá)		ASTM D 2420
Corrosión sobre lámina de cobre	Escala		N°1	ASTM D 1838
Densidad relativa a 15,56°C	Kg/lt	0,505	0,525	ASTM D 2598
				ASTM D1657

Las empresas que nos proveerán este producto cumplen con este requerimiento legal, por lo tanto la calidad de la materia prima recibida es de 97,5% de pureza, siendo el 2,5% de impurezas de etano (mayoritariamente), n-butano e i-butano.

4.4. Productos

La deshidrogenación de propano tiene como producto final el propileno y como subproductos se obtienen hidrógeno y una mezcla de butanos.

4.4.1. Propileno

Su fórmula molecular es C₃H₆. Es extremadamente inflamable, incoloro e inodoro, perteneciente al grupo de los alquenos y como tal presenta un doble enlace en su estructura.

En la [tabla 17](#) se presenta un resumen de propiedades físico químicas del compuesto.

Tabla 17. Propiedades físico-químicas del propileno

Propiedad	Valor
Punto de ebullición	-47,7 °C
Punto de Fusión	-185,3 °C
Densidad	1,75 kg/m ³
Solubilidad en agua	0,00061 kg/m ³
Peso Molecular	42,08 g/mol

En la [tabla 18](#) se pueden visualizar las diversas especificaciones en las que se puede conseguir el propileno industrialmente:

Tabla 18. Grados de pureza del propileno

Propileno	
Grado	Pureza
Refinería	50- 70 %
Químico	92 – 94 %
Polímero	> 99 %

En el proceso se obtiene una pureza del 86% molar de propileno en propano.

Siendo que la calidad es superior a un grado refinería, a futuro el deseo es alcanzar una especificación de calidad superior próximo a un grado químico.

4.4.2. Hidrógeno

El hidrógeno con fórmula molecular H₂, en condiciones ambientes de presión y temperatura es un gas incoloro e inodoro, extremadamente inflamable.

Es el elemento químico más abundante del universo.

Puede reaccionar violentamente con materias oxidantes y/o formar mezclas explosivas con el aire.

En la [tabla 19](#) se presenta un resumen de propiedades físico químicas del compuesto.

Tabla 19. Propiedades físico – químicas del hidrógeno

Propiedad	Valor
Punto de ebullición	-252,9 °C
Punto de Fusión	-259,2 °C
Densidad	0,071 kg/m ³
Solubilidad en agua	0 kg/m ³
Peso Molecular	1,008 g/mol

En el proceso se obtiene hidrógeno al 90% molar de pureza.

Las empresas que operan en la industria química podrían estar interesadas en adquirir hidrógeno como materia prima para la producción de una amplia gama de productos químicos. Al igual que las compañías en el sector de la energía podrían estar interesadas en utilizar hidrógeno como combustible limpio en aplicaciones industriales o para la generación de energía.

Empresas como Air Liquide Argentina S.A. que pueden obtener H₂ a través de la recuperación de corrientes impuras puede ser un potencial consumidor de esta corriente.

4.4.3. Butanos

Es un componente del gas natural, químicamente formado por un enlace del tipo covalente entre cuatro átomos de carbono y diez de hidrógeno, fórmula molecular C₄H₁₀.

Es un gas incoloro e inodoro, es una sustancia inflamable y combustible.

En la [tabla 20](#) se presenta un resumen de propiedades físico químicas del compuesto.

Tabla 20. Propiedades físico - químicas del butano

Propiedad	Valor
Punto de ebullición	-1 °C
Punto de Fusión	-138 °C
Densidad	2,52 kg/m ³
Solubilidad en agua	0,0036 kg/m ³
Peso Molecular	58,12 g/mol

En el proceso se obtiene una corriente del 91% de pureza de n-butano e i-butano, con impurezas de propano, lo que lo hace especial para ser utilizado como combustible en la misma industria.

En Argentina, varias empresas podrían estar interesadas en comprar butanos para utilizarlos en diversas aplicaciones. Algunas de ellas son:

- YPF S.A.: como una de las principales empresas petroleras y productoras de gas en Argentina, podría comprar butanos para utilizarlos en la producción de gas licuado de petróleo (GLP) o como materia prima en sus procesos de refinación y petroquímica.
- Empresas químicas: compañías que en Argentina producen una variedad de productos, como plásticos, solventes, productos de limpieza y fertilizantes, podrían comprar butanos como materia prima para sus procesos de fabricación.
- Distribuidoras de GLP: empresas dedicadas a la distribución de GLP a hogares, comercios e industrias podrían comprar butanos para mezclarlos con propano y otros componentes y luego comercializar el GLP resultante.
- Empresas de gas licuado: compañías especializadas en la producción y distribución de gas licuado de petróleo podrían comprar butanos como parte de su cadena de suministro para satisfacer la demanda de sus clientes.

4.5. Selección del proceso

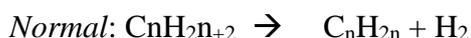
4.5.1. Producción de Propileno

Existen diversos métodos de obtención de propileno, entre ellos craqueo térmico con vapor de hidrocarburos, craqueo catalítico con lecho fluidizado (FCC) y la deshidrogenación oxidativa de parafinas.

- El ***craqueo térmico con vapor de hidrocarburos*** es el proceso industrial de mayor implantación para la producción de olefinas ligeras, en especial de etileno. Se lleva a cabo en un horno de pirólisis a elevada temperatura y en ausencia de catalizador, es muy endotérmico. Tiene un elevado requerimiento energético y elevada emisión de CO₂. Se llevan a cabo reacciones de fisión beta y deshidrogenación. Los productos obtenidos dependen de la composición de la alimentación, la relación de hidrocarburos a vapor, la temperatura y el tiempo de residencia en el horno de craqueo. La incorporación de un catalizador de zeolita resulta útil para disminuir la temperatura de craqueo y aumentar la relación propileno/etileno.
- El ***craqueo catalítico en lecho fluidizado*** (FCC), tiene una gran capacidad instalada y una gran versatilidad para la alimentación. El proceso de conversión se ve favorecido

a bajas presiones, altas temperaturas y en presencia de un catalizador específico, mediante reacciones de ruptura y ciclación de cadenas. La alimentación se mezcla con el catalizador, previamente calentado en el regenerador, en la entrada del reactor. Ambos ascienden a gran velocidad a través del reactor, dónde a su vez se van produciendo las reacciones catalíticas y luego se llega al proceso de separación.

- La **deshidrogenación de parafinas** es una reacción química reversible, altamente endotérmica, dónde la parafina pierde al menos dos moléculas de hidrógeno para formar su correspondiente olefina. Existen dos formas de llevar a cabo la deshidrogenación:



La vía normal es la más interesante ya que se obtiene como subproducto el hidrógeno. Actualmente, ha aumentado el interés del proceso para la valorización de las parafinas ligeras que acompañan al gas natural. Están comercializadas diferentes tecnologías: Catofin, Oleflex, STAR, PDH, y FBD.

El proceso de *deshidrogenación catalítica de parafinas no oxidativa* es el método seleccionado dadas las ventajas que se dictan a continuación que lo convierten en la opción preferida en comparación con el craqueo térmico o catalítico.

- Alta selectividad, producto más puro.
- Eficiencia energética, operación con temperaturas moderadamente altas y utilización de catalizador específico.
- Menor producción de subproductos indeseables, rendimiento más alto por unidad de materia prima.
- Menor impacto ambiental.

4.5.2. Tipos de procesos

Se describen cinco procesos que utilizan diferentes tecnologías:

- o Proceso Catofin: el mismo consiste en cinco reactores adiabáticos con lecho fijo conectados en paralelo, donde: dos de ellos se encuentran operando, otros dos realizando la regeneración del catalizador y el último está siendo purgado. Dicha deshidrogenación se realiza en fase gaseosa sobre un catalizador de óxido de cromo soportado en alúmina (Cr_2O_3/Al_2O_3), con promotores alcalinos. Las condiciones de

reacción típicas son de 520°-680 °C de temperatura y 0,13-0,69 Bar_g de presión, siendo además la conversión por paso del propano cerca del 65% y con una selectividad molar entre el 82-87% hacia el propileno. En este proceso no se utiliza hidrógeno ni vapor como diluyente.

- Proceso Oleflex: este proceso utiliza cuatro reactores de flujo radial con lecho móvil conectados en serie, con hornos ubicados en la alimentación al tren de reactores y entre cada uno de ellos para proporcionar el calor de reacción requerido manteniendo la temperatura constante para una conversión invariable y también minimizar la caída de presión en esta unidad. Acá el catalizador utilizado es el de un soporte de alúmina con platino como componente del grupo metálico, con un metal modificador de la selectividad, que es el estaño (Sn).

Las condiciones de reacción se llevan a cabo en un rango de 550-700°C y de 1,01-3,04 Bar_g, teniendo también una conversión del 40% y una selectividad del 90% para el propileno. Una corriente de hidrógeno se añade a la alimentación como diluyente para reducir la cantidad de coque producido en la alimentación.

- Proceso Star: se utilizan dos reactores de lecho fijo en un horno de reformado de vapor, uno es el reactor de deshidrogenación y el otro es un reactor de oxidación adiabático que opera de forma cíclica, donde se alimentan y reaccionan el efluente del primer reactor (hidrógeno formado) con oxígeno de 90% de pureza con el fin de aumentar la conversión del propano. El catalizador utilizado es de platino, con estaño como metal noble promotor, soportado sobre aluminato de cinc. Las condiciones de operación para la reacción en fase gaseosa son de entre 480°-620°C y 4,04-8,09 atm, alcanzándose una conversión por paso del propano de 30-40% con una selectividad de entre 80-90% molar hacia el propileno.
- Proceso FBD: consiste en dos reactores continuos de lecho fluidizado donde se utiliza un catalizador de óxido de cromo soportado en alúmina, con agentes promotores alcalinos. Esta deshidrogenación se lleva a cabo a una temperatura de entre 450-650°C y una presión ligeramente mayor a la atmosférica. La conversión por paso que se obtiene es de 28-39% y la selectividad hacia el propileno de 84-89%.
- Proceso Linde: Se lleva a cabo utilizando tres reactores isotérmicos de lecho fijo conectados en paralelo, utilizando un horno y operando de manera cíclica: donde dos reactores están operando mientras que el último se encuentra regenerando el catalizador. Este proceso tiene lugar en fase gaseosa a una temperatura entre 580-620°C y a una presión ligeramente superior a la atmosférica, utilizando hidrógeno y

vapor como diluyentes para reducir el coque formado en la alimentación. El catalizador empleado es el de óxido de cromo soportado en alúmina. La conversión del propano se encuentra entre un 46-59% con una selectividad hacia el propileno de unos 93-97% cuando la reacción se lleva a cabo a 600°C y 1 atm en presencia de hidrógeno y vapor.

4.5.3. Justificación del proceso elegido

El proceso FBD (Fluidized Bed Dehydrogenation) aún no comercializa la versión para la deshidrogenación de propano, y tal como el proceso Linde no se tiene información suficiente que nos sea de utilidad para la reacción.

Según estos puntos, los tres procesos vigentes y de provecho son las tecnologías Oleflex, Catofin y Star.

En la [tabla 21](#) se realiza una ponderación comparativa de éstas. La ponderación será caracterizada como *mala* cuando tenga un valor de 1, *media* cuando su valor sea de 2 y *buena* finalmente para un valor de 3, enfatizando en las siguientes ventajas:

- la conversión de propano, cuanto mayor sea mejor.
- selectividad hacia el propileno, cuanto mayor sea mejor.
- subproductos, cuanto más rentable sean éstos mejor.
- operación, si las condiciones operativas tanto de presión como de temperatura son aceptables, si los consumos energéticos son favorables, entre otras.

Tabla 21. Ponderación respecto a ventajas y desventajas de las tecnologías vigentes

	CATOFIN	STAR	OLEFLEX
Conversión de propano	3	1	2
Selectividad hacia el propileno	1	2	3
Subproductos	3	1	3
Operación	2	1	3

Atendiendo a la ponderación concluida y a las ventajas descriptas anteriormente, se determina que el proceso más apropiado, eficiente y rentable es la tecnología *Oleflex*, el cual realiza una deshidrogenación catalítica no oxidativa, utilizando como catalizador uno de platino soportado sobre pellets esféricos de alúmina en reactores de lecho móvil con una regeneración continua del catalizador.

4.5.4. Descripción del proceso Oleflex

Este proceso cuenta de dos etapas:

Etapa de reacción y regeneración del catalizador: la materia prima consiste en una corriente de propano líquida, la cual se obtiene de refinerías y es almacenada en el tanque cilíndrico horizontal TK-400, conocido también como “tanque tipo cigarro”, a temperatura ambiente y a una presión de 10,2 kg/cm². Este fluido es recibido tal como se describe en el [punto 4.3.1](#) cumpliendo con los requerimientos de calidad de la Resolución 07/2006 de Energía.

Para almacenar una mezcla de propano y butano, se deben considerar las propiedades individuales de estos gases, donde el propano tiene un punto de ebullición de -42 °C y una presión de vapor de 8,6 kg/cm² a 21 °C, mientras que el butano tiene un punto de ebullición de -0,5°C y una presión de vapor de 2,1 kg/cm² a 21 °C. La presión de vapor de la mezcla variará entre las de los componentes puros según su proporción y temperatura. Las condiciones ideales de almacenamiento son entre 0 °C y 30 °C, con presiones que pueden variar entre 2 y 8,2 kg/cm² a 20°C, pero se recomienda que los recipientes soporten hasta 17,3-18,3 kg/cm² para mayor seguridad. Es crucial seguir normativas como la NFPA 58 y asegurar la presencia de válvulas de alivio de presión y adecuada ventilación para prevenir acumulaciones de gas. Los tanques deben ser inspeccionados regularmente y no deben exponerse a fuentes de calor intenso.

Según la condición en la que recibimos la materia prima no sería necesario realizar ningún pre tratamiento para su almacenamiento.

Dada las impurezas contenidas en la corriente 300, es necesario para evitar acumulación de componentes pesados en el sistema, eliminarlos a través de una columna debutanizadora T-300, como se muestra en el [gráfico 6](#).

La corriente 302 rica en i-butano y n-butano será almacenada en el TK-402 para posteriormente ser utilizada como combustible dentro de la planta, aprovechando su energía.

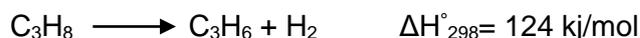
Para almacenar butanos de manera segura, es necesario tener las mismas consideraciones que las explicadas para el TK-400, solo que en este caso como la corriente de butanos sale de la T-300 a 65,49 °C y 9,8 kg/cm², será necesario reducir su temperatura a condiciones ambiente utilizando intercambiadores de calor o un sistema de refrigeración adecuado. Es importante mencionar que esta corriente se utilizará para precalentar la corriente de agua que

ingresará al des aireador del sistema de calderas. Si al pasar por este intercambio no se logra alcanzar la temperatura ambiente, se deberá utilizar otro equipo adicional. La presión a la que sale de la torre está dentro del rango aceptable de almacenamiento, por lo que no sería necesario tratarla, ya que de todas formas su presión irá disminuyendo debido a la pérdida de carga del trayecto.

En el [apartado 5.3](#) se encontrará el análisis detallado que se llevó a cabo para definir la ubicación de la columna debutanizadora dentro de la planta, en esta misma sección se encuentra la justificación de la decisión tomada.

Continuando con el proceso, en el tope de la torre T-300 se obtiene la corriente 301 a una temperatura alrededor de los 25°C, la cual se mezcla con el hidrógeno [221] producido en la reacción cuya función es disminuir la formación de coque sobre el catalizador y propano recirculado [306], el primero obtenido de la separación criogénica (E-204) y el segundo proveniente de la columna final de destilación T-301.

La *reacción catalítica del propano* se produce de la siguiente manera:



Donde se obtiene el producto deseado (propileno) y también productos secundarios como hidrógeno y etano. La reacción se logra en rangos de temperatura y presión determinadas, por lo que la mezcla obtenida [100] debe acondicionarse antes de llegar a los reactores.

Los cuatro reactores utilizados son del tipo **flujo pistón (PFR por sus siglas en inglés)** colocados en serie, se eligió este diseño por su ventaja de trabajar a altas temperaturas, elevada conversión por unidad de longitud y su bajo costo.

La temperatura de operación de los reactores R-100/101/102/103 es de 600°C pero al llevarse a cabo una reacción endotérmica, dicha temperatura disminuye en un rango entre 60~65°C, lo que hace forzosa la disposición de hornos tipo caja H-100/H-101/H-102/H-103, entre las etapas de reacción para mantener la temperatura de operación y así alcanzar la máxima conversión.

La corriente 105 ingresa a la zona convectiva del horno H-100 aprovechando los gases generados y finalmente se termina de calentar en la zona radiante hasta la temperatura de reacción.

La válvula estranguladora VLV-110 es necesaria para reducir la presión y satisfacer las condiciones óptimas en los reactores evitando así la coquización prematura del catalizador.

La etapa de reacción se podrá visualizar en [el gráfico 8](#).

Antes del primer horno se ubica un tren de intercambio de calor que tiene como objetivo disminuir el consumo de combustible en el H-100.

El diseño de este tren de intercambio fue establecido de manera tal de evitar un choque térmico en los equipos y/o tuberías debido a la gran diferencia de temperaturas que existe entre las corrientes 100 y 114. La corriente 100 ingresa por tubos al primer intercambiador de carcasa y tubos E-100 avanzando de la misma forma a través del E-101, E-102, E-103 y E-104. El intercambio de calor se logra con el efluente del cuarto reactor [114] que ingresa por envolvente al E-104 y así sucesivamente hasta llegar al E-100, tal como se puede ver en el [grafico 7](#).

Debido a la formación de coque, el catalizador se desactiva por lo que el mismo se debe regenerar en la unidad de regeneración continua del catalizador A-150, que está ubicado después del cuarto reactor y ésta formado por cuatro etapas a través de las cuales pasa el catalizador antes de entrar al primer reactor; esta unidad forma un circuito cerrado con los reactores.

Etapa de separación del propileno

Por último, la separación del propileno de los subproductos consta de tres etapas:

1. separación mediante compresión por etapas: logrando la primera gran separación de compuestos livianos de los pesados.
2. separación mediante criogenización: separando el hidrógeno y el etano.
3. Y separación del propano y el propileno mediante una columna de destilación.

La corriente de salida del último reactor pasa por el tren de intercambio de calor y luego por el enfriador E-105 para alcanzar una temperatura óptima al ingreso del V-200.

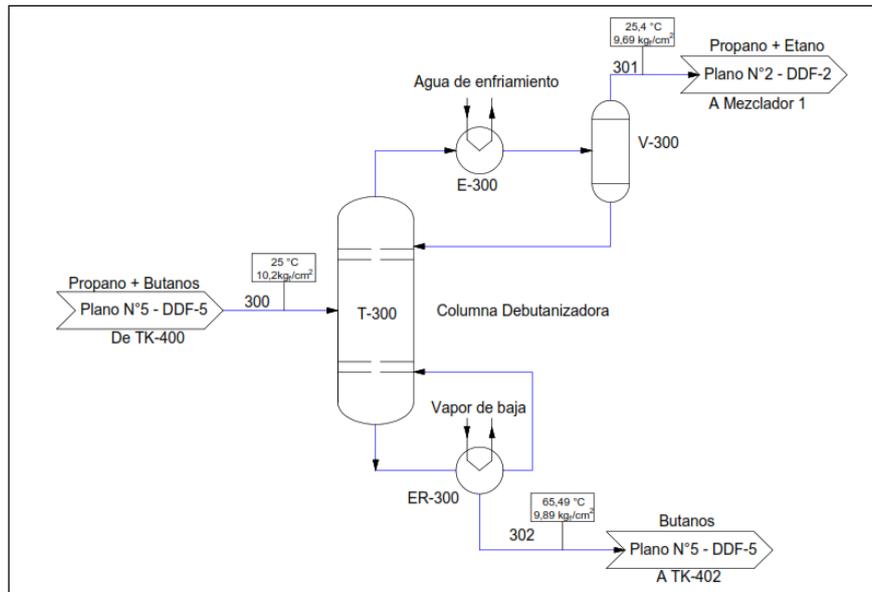


Gráfico 6. Columna debutanizadora.

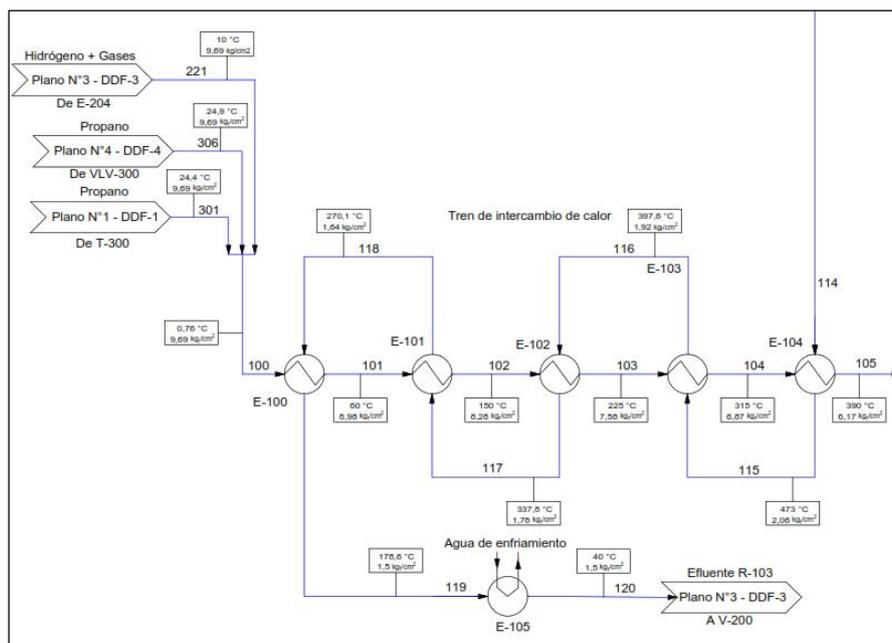


Gráfico 7. Tren de intercambio de calor.

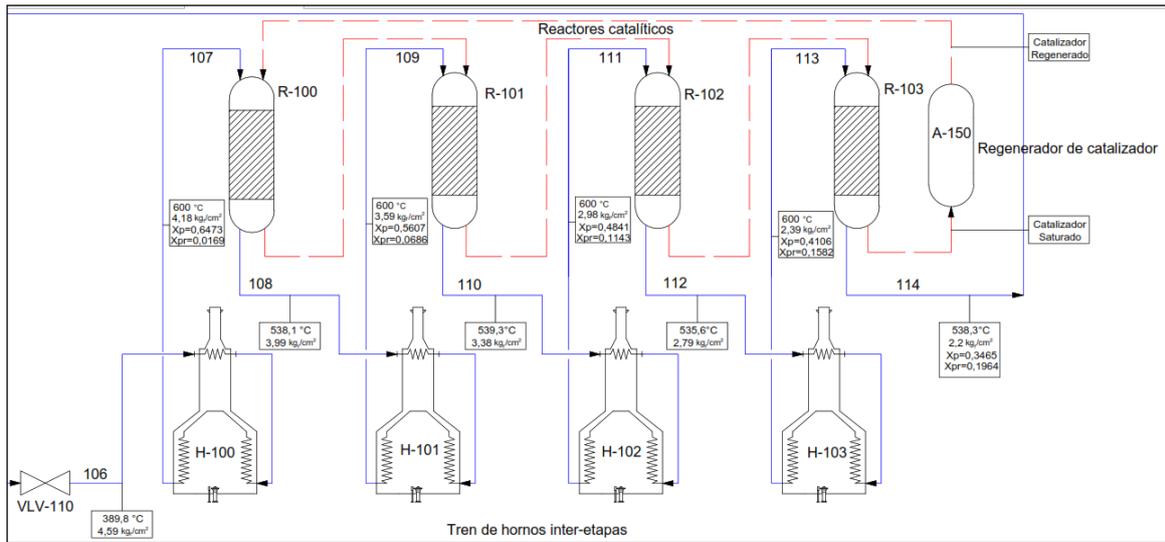


Gráfico 8. Etapa de reacción.

1. Sistema de compresión por etapas:

Este sistema se encuentra formado por un compresor centrífugo de tres etapas C-200/C-201/C-202, con enfriadores intermedios E-200/E-201/E-202, por los cuales circula etano a través de los tubos. Asimismo, se cuenta con depuradores de succión en cada etapa V-200/V-201/V-202, para lograr la condensación de los productos deseados y un depurador de descarga V-203, a la salida de la tercera etapa; estos cuentan con un control de nivel que impide que la altura de líquido, dentro de ellos, supere el límite para de alguna manera asegurarse de que la corriente de gas que ingresa al compresor no arrastre líquido y dañe el equipo. Los depuradores son necesarios para este sistema porque los mismos controlan el oleaje, producido por las fluctuaciones de presión y volumen que ocurren cuando se trabaja con relaciones de presión por encima o por debajo del correspondiente valor máximo o mínimo de la capacidad de diseño que provoca oscilaciones, es decir, inestabilidad de funcionamiento. Para evitar este fenómeno se debe mantener un flujo mínimo que circule por el compresor.

La corriente 120 que sale del E-105 se une y dirige hacia el V-200 con una corriente de reciclo [203] proveniente del V-201, lo cual provoca la disminución de la temperatura de la corriente ingresante al C-200 y de alguna manera genera que el propano y el propileno comiencen a condensarse. Es necesario que la corriente 203 antes de mezclarse pase por una válvula estranguladora VLV-200 para equalizar las presiones; de la misma manera será para las diferentes corrientes recirculantes posteriores, tal como se visualiza en el [gráfico 9](#).

La fase vapor que ingresa a la primera etapa del compresor pasa luego al enfriador para posteriormente introducirse al succionador de la segunda etapa y repetir el mismo procedimiento que ocurre en la primera etapa hasta la última.

Luego de la etapa de compresión, se encuentra un depurador de descarga V-203 donde el condensado obtenido por el fondo es recirculado al succionador anterior, para finalmente ser unificado en el V-200, tal como se visualiza en el [gráfico 10](#).

2. Sistema de separación mediante criogenización:

La corriente de tope del V-203 es enviada a ésta etapa, disminuyendo su temperatura al pasar por el enfriador E-203 hasta -40°C y asimismo se logra la separación en el V-204, por el fondo una mezcla de propano/propileno que es mezclada con el condensado del V-200 para enviarla a la columna de destilación T-301, como se ve en el [gráfico 11](#); por el tope se obtiene un 90% molar de hidrógeno, el 60% de la corriente es recirculado al inicio del proceso mientras que la otra parte es enviada a la unidad de antorcha, para evitar acumulación de gases indeseados.

La corriente 218, compuesta por H_2 , propano y propileno podría ser una opción viable como combustible debido a su poder calorífico. Sin embargo, las condiciones adversas en las que se encuentra ($-40,44^{\circ}\text{C}$ y 1.400 kPa) implicarían costos adicionales para su acondicionamiento, necesitando como servicio auxiliar para su calentamiento vapor de baja presión, en una cantidad estimada de 1.066 kg/h.

Luego de realizar los cálculos correspondientes, los cuales se podrán visualizar en el apartado [4.7.5. Hidrógeno – Gas combustible](#), el vapor que se podría generar en la caldera de baja presión, utilizando ésta corriente como combustible serían sólo 295 kg/h, lo cual frente a la cantidad que se necesita de vapor en la planta ([tabla 30](#)) es mucho mayor.

En este contexto, la alternativa más pragmática es vender esta corriente a empresas que dispongan de la tecnología adecuada para su purificación y acondicionamiento, tales como:

- Praxair (ahora Linde): empresa líder en el suministro de gases industriales y servicios relacionados a nivel mundial, incluido Argentina, podría proporcionar servicios especializados en la purificación y separación de gases.
- Air Liquide: empresa global especializada en gases industriales y servicios relacionados, cuenta con una vasta experiencia en la purificación y separación de gases. Podrían ofrecer soluciones para obtener hidrógeno puro a partir de esta mezcla de gases.

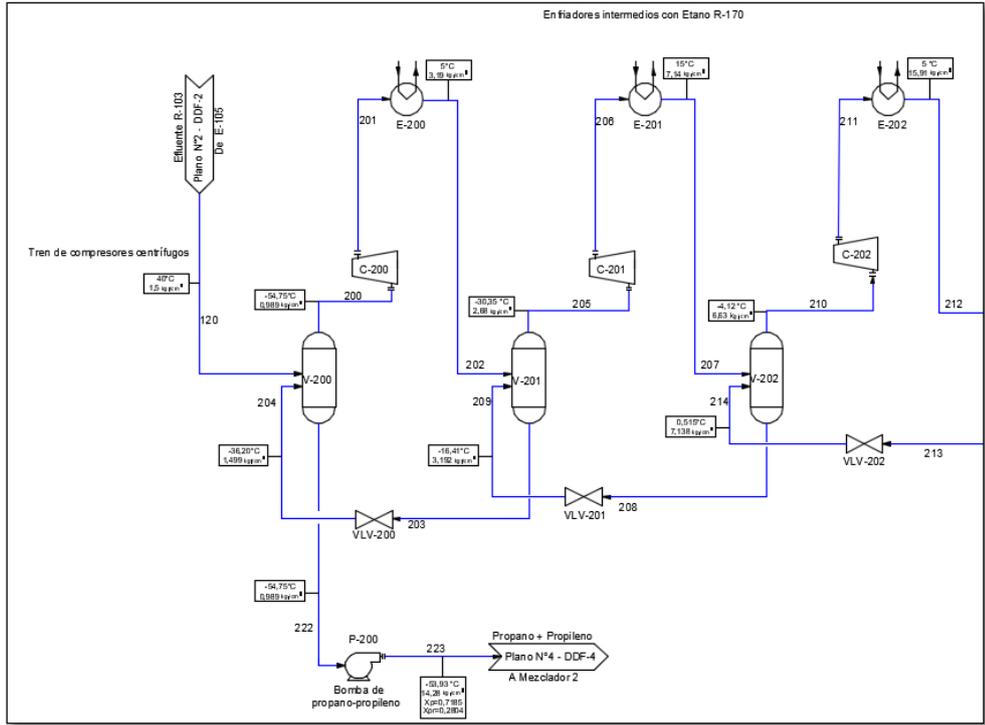


Gráfico 9. Etapa de separación por compresión en etapas

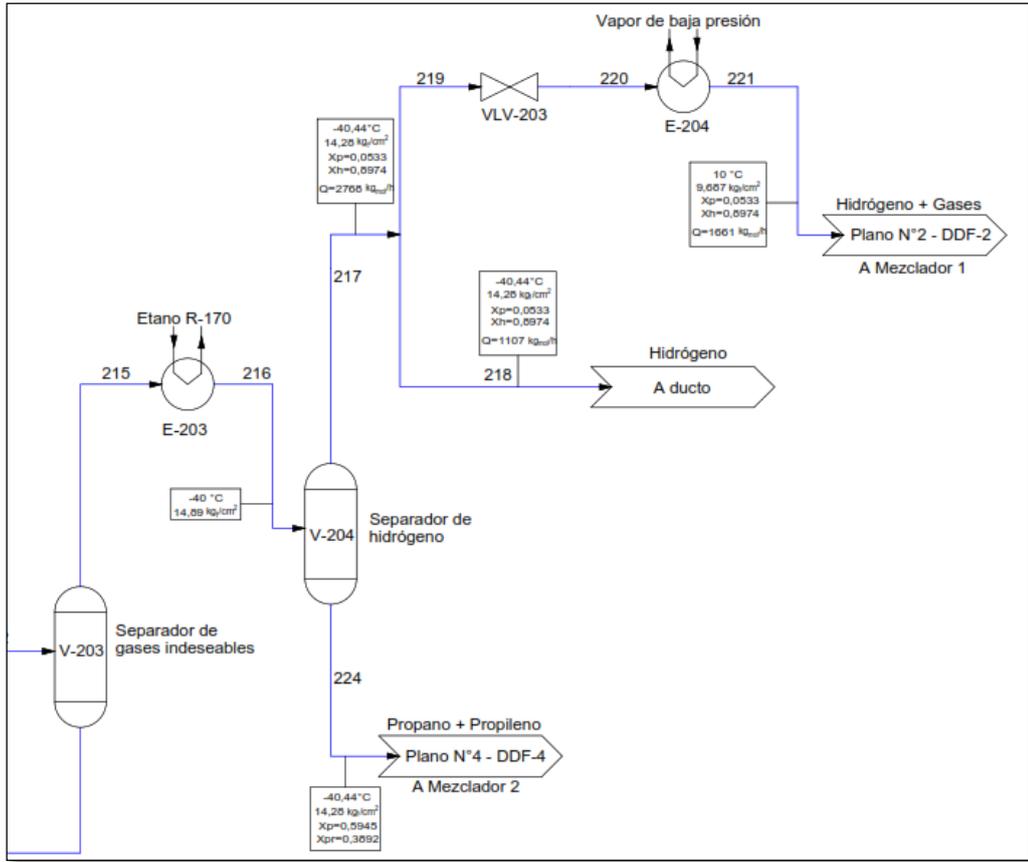


Gráfico 10. Etapa de separación criogénica.

3. Columna de destilación:

El propano y propileno condensados en las etapas anteriores alimentan la columna T-301, por el plato n° 72. Esta columna depropanizadora está formada por 134 platos totales, y trabaja a 950 kPa en el tope y por el fondo a 1.100 kPa.

La corriente de propano es recirculada y mezclada con la alimentación fresca; y por otro lado, la corriente de tope compuesta principalmente por propileno es nuestra producción final.

Se obtiene a una temperatura de 17,2 °C con una pureza del 86% molar de propileno, el cual es almacenado en el tanque cigarro TK-401 y comercializado luego.

Para almacenar propileno a temperatura ambiente, se requieren condiciones específicas de presión. El propileno tiene una presión de vapor de 11,8 kg/cm² a 25 °C. Para almacenar propileno a temperatura ambiente, se necesita mantener una presión entre 11,8 kg/cm² y 16,5 kg/cm² aproximadamente, dependiendo de la temperatura exacta. Es importante tener en cuenta que el propileno, al igual que otros gases licuados de petróleo (GLP), debe almacenarse en recipientes diseñados para soportar altas presiones y cumplir con las normas de seguridad aplicables, como la NFPA 58. Además, se deben considerar medidas de protección como válvulas de alivio de presión y ventilación adecuada para prevenir acumulaciones peligrosas.

Para almacenar el propileno generado, es necesario ajustar sus condiciones de 17 °C y 9,7 kg/cm² a temperatura ambiente y aproximadamente 11,8 kg/cm². Para ello, se podría utilizar un solo compresor diseñado para manejar GLP ajustando la presión y a su vez también la temperatura.

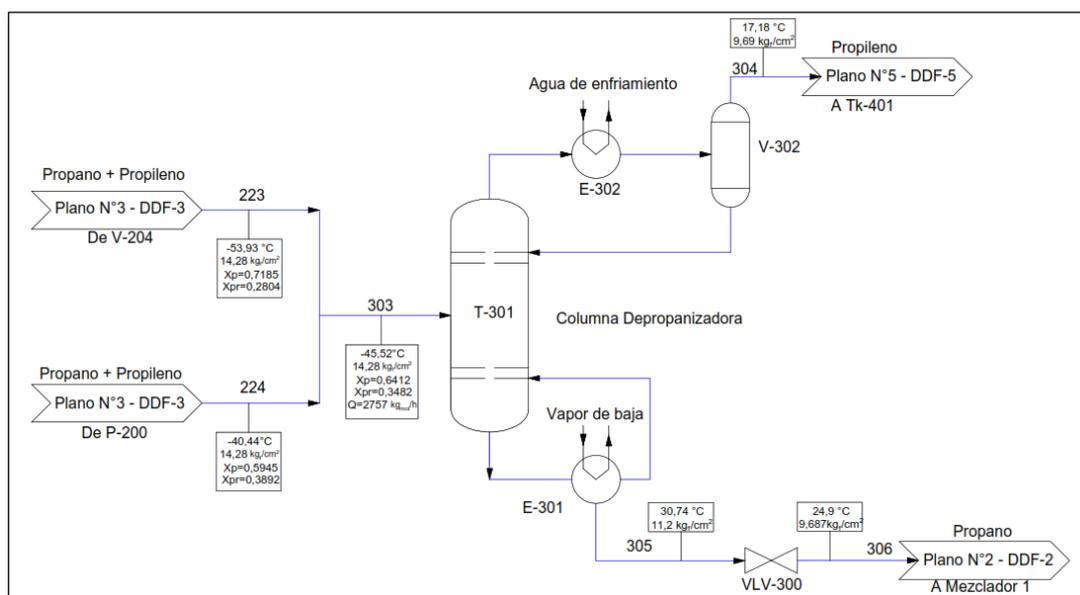


Gráfico 11. Columna depropanizadora.

Tabla 22. Corrientes características del diagrama de flujo del Proceso.

Corrientes características	Nombre del compuesto presente
300	Etano/Propano/Butanos
302	Butanos
100	Propano fresco, propano e hidrógeno recirculados
114	Efluente del 4to reactor, propileno
218	Hidrógeno a antorcha
221	Hidrógeno recirculado
303	Propano y propileno condensados
306	Propano recirculado
305	Propileno al 86% molar

4.6. Catalizadores

Un catalizador es una sustancia química, simple o compuesta, que al estar presente durante una reacción química, aumenta la velocidad de la misma, sin ser consumido durante el transcurso de la reacción, lo que lo diferencia de un reactivo. Los catalizadores pueden ser homogéneos o heterogéneos, siendo estos últimos los que actúan en una fase diferente a los reactivos.

Tabla 23. Codificación y nombre de equipos del DDF del Proceso.

Codificación del equipo	Nombre del equipo
E-100, E-101, E-102, E-103, E-104	Intercambiadores de calor
A-150	Regenerador continuo de catalizador
H-100, H-101, H-102, H-103	Hornos de precalentamiento
R-100, R-101, R-102, R-103	Reactores de deshidrogenación
C-200, C-201, C-202	Compresores centrífugos
V-200, V-201, V-202	Depuradores de succión
V-203	Depurador de descarga
E-105, E-200, E-201, E-202, E-203	Enfriadores
E-204	Calentador
V-204	Separador
T-300	Columna debutanizadora
T-301	Columna depropanizadora
P-200	Bomba

Los catalizadores heterogéneos suelen ser sólidos, y deben presentar un soporte con una gran área superficial que pueda contener los suficientes sitios activos, que son las sustancias que activan el reactivo.

El catalizador *se compone de:*

- La **fase activa** que es el primer elemento básico y marca la actividad catalítica, la sola presencia de ella puede llevar a cabo la reacción, bajo las condiciones establecidas.
- El **soporte** es la matriz sobre la cual se coloca la fase activa y su función se relaciona tanto con la optimización de sus propiedades catalíticas como en la mejora de las propiedades mecánicas. La mayoría son soportes sólidos porosos, indicando que su área superficial es generalmente elevada. También proveen la resistencia mecánica y térmica necesaria.
- El **promotor** es el elemento incorporado en pequeñas proporciones a la fase activa o al soporte, mejorando las características del catalizador. Los que dan mayor estabilidad a la fase activa se llaman *texturales* y los que aumentan la actividad de la misma, *electrónicos*.

4.6.1. Catalizador para la deshidrogenación catalítica de propano

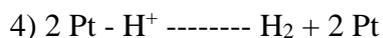
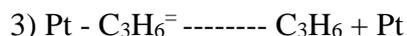
Al ser la deshidrogenación una reacción endotérmica, que se lleva a cabo a elevadas temperaturas para alcanzar conversiones aceptables, genera un costo energético y también favorece a la formación de coque y productos más livianos.

Existen diversos catalizadores, el más destacado por su selectividad y estabilidad para la tecnología que se utilizará, es el *catalizador de platino soportado sobre pellets esféricos de alúmina con un promotor metálico inactivo de estaño (Pt-Sn/Al₂O₃)*.

El metal (Pt) tiene la funcionalidad de abstraer átomos de hidrógeno, es decir llevar a cabo el proceso de deshidrogenación del alcano. La adición de un metal inactivo en la superficie del catalizador, preferentemente estaño, eleva la selectividad hacia la deshidrogenación del alcano.

El soporte de alúmina presenta una alta estabilidad térmica y resistencia mecánica a las condiciones de proceso y además presenta una excelente capacidad de dispersión del platino, logrando una eleva actividad y selectividad de deshidrogenación.

La tasa de conversión del propano sobre un catalizador de Pt puede ser expresado como una modificación del modelo de Langmuir-Hinshelwood. El mecanismo de reacción se muestra a continuación:



La regeneración del catalizador es un proceso por separado y similar a la unidad CCR (Continuous Catalyst Regeneration) utilizada en el proceso de platforming. Se podría detener la regeneración por un tiempo sin interrumpir la producción o se podría reemplazar completamente el catalizador con la planta en marcha. El tiempo del ciclo cerrado varía entre 5 a 10 días. Debido al desgaste del catalizador producto del roce con el lecho móvil se debe incorporar una cantidad fresca en una tasa entre 0,02% y 0,05% en peso del catalizador utilizado diariamente.

Básicamente cuando el catalizador desciende por gravedad del último reactor, desactivado por la formación de coque en su superficie, se envía al sistema de regeneración continua. Las funciones de este procedimiento son la combustión de coque depositado sobre el catalizador, la redistribución del platino, la remoción del exceso de humedad y la reducción del catalizador. Esto permite que el catalizador tenga una vida útil de varios años, evita la parada del reactor para la regeneración del mismo y mantiene el catalizador con una elevada estabilidad térmica y fuerza mecánica.

Finalizado el proceso de regeneración se envía nuevamente el catalizador al primer reactor.

En la [tabla 24](#) se proporcionan datos de temperatura de reacción, conversión y selectividad de cada catalizador.

Tabla 24. Características importantes del catalizador.

Catalizador	Temperatura de reacción	Conversión	Selectividad
Pt-Sn/Al ₂ O ₃	550-700 °C	45 %	90 %

4.7. Servicios Auxiliares

Son aquellos servicios que se requieren de manera secundaria, sin embargo son imprescindibles para el funcionamiento de la planta, entre ellos tenemos:

- Agua.
- Refrigerante.
- Energía eléctrica.

- Gas Natural.
- Antorcha.

4.7.1. Agua

Más del 70% de la superficie del planeta está cubierto de agua, ocupa un papel fundamental para el desarrollo de los seres vivos y como en este caso, para el progreso de un proceso químico.

El agua como servicio auxiliar será utilizado de diversas formas como se detalla a continuación:

- Agua potable para abastecimiento en oficinas.
- Agua de enfriamiento.
- Generación de vapor.
- Red contra incendios.

4.7.1.1. Agua potable

Según la Organización Mundial de la Salud un ser humano consume alrededor de 50 lts/día tanto para beber, cocinar, higiene personal como también limpieza del lugar.

Seguidamente se muestra la [tabla 25](#) con la cantidad de personal trabajando en la empresa.

En función de la información obtenida de la OMS y de la cantidad de personas trabajando en la empresa, se considera un consumo total de 3.950 litros de agua potable por día.

El ente proveedor de agua potable a la ciudad de Bahía Blanca, dónde se instalara nuestra planta, es Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA), que brinda servicio a 94 localidades de la provincia de Buenos Aires, tal como se muestra en el [gráfico 12](#).

Según los sectores indicados en el Lay Out y el consumo diario de los mismos, se dispondrá de seis tanques de 1.000 litros distribuidos en los diferentes sectores y conectados directamente a la red de agua.

Tabla 25. Distribución de personal

Sector	Cantidad de personal
Gerente de la planta	1 gerente
Producción	1 jefe de producción. Se computan 5 turnos: cumpliendo un diagrama de 2 días de día, 2 días de noche y 4 días de descanso más un relevo por licencias o enfermedad, en cada turno habrá 1 supervisor y 4 operadores.
Mantenimiento	1 jefe de mtto, 2 ingenieros de mtto, 2 técnicos mecánicos, 2 técnicos electricistas, 1 analista y 1 programador, 3 personas de civil y 3 personas de metalurgia.
Inspección	1 jefe de inspección, 1 ingeniero en corrosión, 1 ingeniero de integridad, 4 analistas.
Planificación	1 jefe de planificación operativa, 2 analistas.
Laboratorio	1 jefe de laboratorio. Se computan 5 turnos: cumpliendo un diagrama de 2 días de día, 2 días de noche y 4 días de descanso más un relevo por licencias o enfermedad, en cada turno habrá 2 analistas.
Optimización y Control	1 jefe de OyC, 3 ingenieros de control.
Procesos	1 jefe de procesos, 1 procesista de servicios auxiliares, 2 procesistas de planta.
Terminal	1 jefe de terminal. Se computan 5 turnos: cumpliendo un diagrama de 2 días de día, 2 días de noche y 4 días de descanso más un relevo por licencias o enfermedad, en cada turno habrá 2 analistas.
Almacén	2 técnicos.
Seguridad de procesos	1 ingeniero de seguridad de los procesos.
Seguridad e Higiene	1 jefe de seguridad, 2 analistas
Emergencia	Se computan 5 turnos: cumpliendo un diagrama de 2 días de día, 2 días de noche y 4 días de descanso más un relevo por licencias o enfermedad, en cada turno habrá 1 bombero y 1 enfermero.
RRHH	1 analista
Cocina y limpieza	2 cocineros y 2 personas de limpieza
TOTAL	103

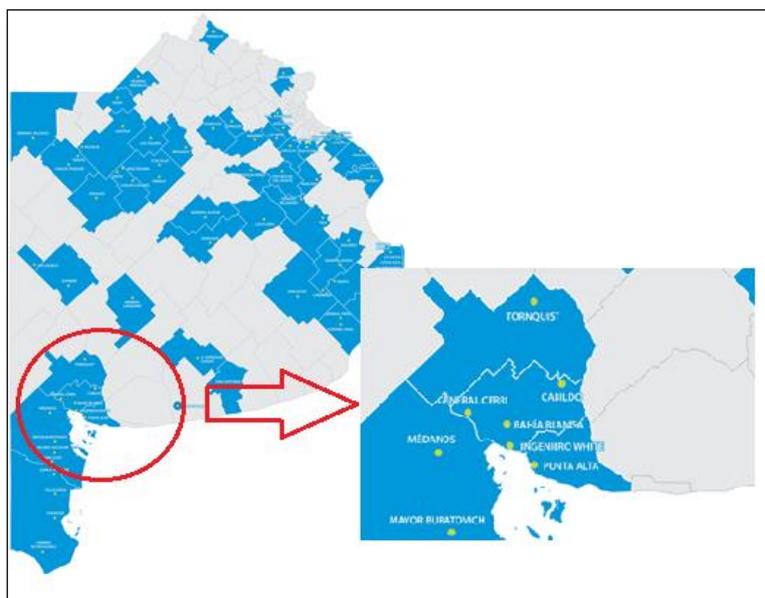


Gráfico 12. Localidades a las que provee agua ABSA

4.7.1.2. Agua de enfriamiento

Este servicio auxiliar es obtenido mediante torres de refrigeración o torres de enfriamiento de tiro inducido con flujo en contra corriente. Es un enfriamiento por evaporación, dónde el calor sensible del aire se cede a las moléculas de agua como calor latente para permitir la evaporación.

El agua que debe ser enfriada está compuesta por agua de reposición (únicamente se repone lo que se pierde para compensar el caudal necesario para lograr la transferencia térmica) + agua de retorno (que es lo que vuelve caliente luego del intercambio en los equipos), transita a través de las cañerías e ingresa a la torre por la parte superior a través de unos difusores que esparcen el agua sobre el relleno, éste último ofrece una mayor superficie de contacto para el intercambio térmico entre el agua y el aire, y puede ser fabricado en PVC, metal o fibra de vidrio.

La corriente de aire circula en sentido contra corriente respecto al agua que desciende por los laterales del relleno, y parte del agua es evaporada en el aire. Es entonces, que el aire absorbe el calor generado en este proceso reduciendo la temperatura del agua restante. Las gotas de agua son colectadas en un depósito en el fondo de la torre, y desde ahí se envía al proceso nuevamente como agua de enfriamiento.

Como el flujo de aire se contrapone al del agua, el agua más fría en la parte inferior está en contacto con un aire más seco, mientras el agua más caliente en la parte superior está en contacto con aire húmedo, dando como resultado una transferencia de calor más eficiente.

El ventilador es el que succiona el aire hacia arriba, este antes de salir de la torre atraviesa un rompe gotas, ya que parte del agua es arrastrada junto al aire durante la evaporación; entonces este dispositivo permite la condensación del agua reduciendo las pérdidas por arrastre y las gotas condensadas caen finalmente al fondo de la torre.

En el [gráfico 13](#) se puede observar un diagrama de la torre de enfriamiento descrita.



Gráfico 13. Torre de enfriamiento

Fuente: Chemical Process Design and Integration – Robert Smith Pág. 648, 2016.

Las pérdidas por arrastre se consideran alrededor del 0,1 a 0,3% de la tasa de circulación del agua.

Las pérdidas por evaporación suelen considerarse entre 1 a 3% de la tasa de circulación del agua.

La purga es necesaria para evitar la acumulación de contaminantes en el sistema de recirculación.

La reposición de agua es requerida para compensar las pérdidas por evaporación, arrastre y purga.

El agua de reposición contiene sólidos que se acumulan en la recirculación como resultado de la evaporación. Estos son purgados junto a los productos que provocan corrosión y crecimiento microbiológico.

Los ciclos de concentración de una torre son la relación entre la concentración de sales disueltas en el agua de circulación y la concentración de sales en el agua de reposición. En general suelen estar entre 3 y 7 ciclos de concentración.

Para evitar problemas de corrosión, incrustación y crecimiento microbiológico, es imprescindible la dosificación de los siguientes productos químicos en los sistemas de recirculación.

- *Productos químicos dosificados:*
 - Dosificación de biocida.
 - Dosificación de biodispersante.
 - Dosificación de inhibidor de corrosión.
 - Dosificación de hipoclorito de sodio (Agente sólido de control microbiológico).

En la planta utilizaremos agua de enfriamiento en los intercambiadores de calor y condensadores que se detallan en la [tabla 26](#), en la cual también se indica el caudal másico consumido de agua de enfriamiento por equipo y el gasto energético requerido por intercambiador:

Tabla 26. Consumo de agua de enfriamiento por equipo

Equipo	Q [kJ/h]	W [kg/h]
E-105	4,593E+7	2,196E+6
E-203		1,170E+6
E-300	2,715E+7	1,298E+6
E-302	2,399E+8	1,147E+7
TOTAL	3,13E+8	1,61E+7

Para el balance de masa de este servicio auxiliar tener en cuenta las consideraciones de la [tabla 27](#):

Tabla 27. Consideraciones para el cálculo de agua de reposición

Ciclos de concentración	7
Tasa de circulación de agua total [kg/h]	16.100.000
Porcentaje de pérdida por evaporación [%]	2
Porcentaje de pérdida por arrastre [%]	0.2

La purga se puede definir de la siguiente manera:

$$P = \frac{E}{CC - 1}$$

Siendo:

- CC: ciclos de concentración.
- E: evaporación.
- P: purga.

Tabla 28. Cálculo del agua de reposición

Pérdida por evaporación [kg/h]	322,000
Pérdida por arrastre [kg/h]	32,200
Pérdida por purga [kg/h]	53,667
Reposición de agua [kg/h]	407,867

- Condiciones operativas:

Tabla 29. Condiciones operativas de la torre de enfriamiento

Temperatura de envío [°C]	31
Temperatura de retorno [°C]	43
Presión de diseño [kg/cm ²]	7

4.7.1.3. Agua para generación de vapor

Un servicio auxiliar necesario para el calentamiento de la corriente 220 y aquellas corrientes de fondo de columnas es el vapor de baja presión, su uso es posible dado que las temperaturas de operación son menores a 200 °C y con una caldera de este tipo es suficiente.

El objetivo es que la caldera junto a sus equipos complementarios transforme el agua líquida en vapor mediante la transferencia de calor que ocurre en el interior de la misma, elevando de esta manera la temperatura y presión del agua.

La configuración exacta de una caldera varía según el diseño y la aplicación específica, además que debe seguir normativas y prácticas de seguridad para garantizar un funcionamiento confiable y seguro del sistema. A continuación, se describen los componentes básicos de un circuito de generación de vapor de baja presión:

- Fuente de calor: puede ser un quemador de combustible (gas natural, diésel, biomasa) o un sistema eléctrico para proporcionar la energía térmica necesaria para calentar el agua y convertirla en vapor.
- Generador de vapor (Caldera): este componente convierte el agua en vapor mediante la transferencia de energía desde la fuente de calor. Pueden tener diferentes diseños como calderas de tubos de agua o tubos de fuego, dependiendo de la aplicación y los requisitos.
- Válvula de seguridad: es esencial para liberar el exceso de presión en el sistema y prevenir situaciones peligrosas. Se activa automáticamente al superar un nivel seguro.
- Manómetro: mide y muestra la presión del vapor en la caldera. Ayuda al personal de operación a monitorear y mantener la presión dentro de los límites seguros.
- Válvula de control de presión: regula y controla la presión de vapor dentro de la caldera.
- Válvula de alivio de presión: similar a la válvula de seguridad, esta válvula alivia la presión del sistema cuando es necesario pudiendo ser operada de forma manual.
- Controles automáticos: incluyen sistemas de control de temperatura, presión y nivel de agua, así como dispositivos de seguridad automatizados que regulan y supervisan el funcionamiento de la caldera.

- Sistema de alimentación de agua: proporciona agua de alimentación a caldera para reponer el agua convertida en vapor. Incluye tanques de almacenamiento y sistema de tratamiento del agua.
- Des aireador: elimina el oxígeno disuelto en el agua de alimentación para prevenir la corrosión en la caldera.
- Tubos y conductos: conectan los diferentes componentes permitiendo que el agua y vapor circulan a través del sistema.

Tal como se mencionó antes, el agua de alimentación a caldera debe ser tratada para:

- Eliminar materias solubles y en suspensión.
- Eliminar gases.
- Reducir niveles de dureza de minerales, Ca^{+2} y Mg^{+2} .
- Evitar la formación de incrustaciones sobre la superficie de calentamiento de agua.
- Proteger contra la corrosión los metales de construcción de calderas, recuperadores y tuberías.

El consumo total de vapor fue calculado con la ayuda de la simulación en hysys, visualizándolo en la [tabla 30](#).

Precalear la corriente antes de ingresarla al des aireador es crucial para optimizar la eliminación de gases disueltos. Estos dispositivos generalmente operan entre 100 y 120 °C, temperaturas en las cuales la solubilidad de los gases disminuye, facilitando su remoción mediante el arrastre con vapor. La necesidad de precalentar el agua depende del diseño del des aireador; en equipos grandes y con altos caudales, se puede aprovechar la energía de una corriente de proceso, como podría ser nuestro caso con la *corriente 302* de butanos.

Además, el agua se calienta aún más con la inyección de vapor dentro del des aireador para desprender los gases disueltos. Una vez inyectado el vapor, el venteo del aire se maneja mediante un sistema que permite la expulsión controlada de los gases no condensables. Este proceso asegura que el aire y otros gases que no se condensan fácilmente sean expulsados adecuadamente, manteniendo así la eficiencia del des aireador y la pureza del agua tratada.

Tabla 30. Consumo de vapor de baja presión por equipo

Equipo	W [Kg/h]
ER-300	2,058E+4
ER-301	1,258E+5
E-204	1.237
Total	147.617

La corriente de salida de los humos de la caldera industrial se genera en la cámara de combustión y es canalizada a través del circuito de humos. Estos gases se reúnen en la caja de humos antes de ser desalojados al exterior a través de la chimenea, que es un conducto vertical diseñado para evacuar los productos de combustión a la atmósfera. Las chimeneas pueden ser de diversos materiales, como metal o mampostería, y su altura se determina según las características de la caldera y las regulaciones de contaminación atmosférica. Es crucial evitar chimeneas con secciones pequeñas, tramos horizontales o cambios de dirección bruscos, ya que estos pueden afectar el tiro y resultar en una combustión incompleta. Además, los humos pueden requerir tratamiento previo a su eliminación para cumplir con las normativas ambientales, lo que puede implicar la instalación de sistemas de depuración o filtrado, como filtros de mangas, precipitadores electrostáticos o sistemas de lavado de gases, para reducir las emisiones de contaminantes. El diseño y selección del sistema de tratamiento dependerá de las características de la caldera y los requisitos normativos aplicables.

4.7.1.4. Agua para red contra incendio

El consumo de agua para la red contra incendios será definido con ayuda del Decreto N° 10.877/1960 que eleva la reglamentación de la Ley 13.660 relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos.

En el Capítulo II Art. 201 se establece que para organizar la defensa contra incendios en la planta es necesario dividirla en tres zonas (Operación, Almacenamiento y Servicios Auxiliares) según el grado de peligrosidad el cual se considera decreciente.

- ZONA I – OPERACIÓN: área donde se encuentran todos aquellos equipos e instalaciones para lograr el proceso productivo.

A continuación se citan los artículos de importancia para el cálculo:

- Artículo 202° — Deberá existir una red de cañerías de agua contra incendios, independientes de la red de agua industrial, con la que podrá interconectarse eventualmente, que alimentará hidrantes para mangueras, monitores o pitones fijos y lanzas generadoras de niebla.
- Artículo 203° — Como mínimo deberán instalarse los dispositivos necesarios para que en cualquier punto de la zona que se considera puedan concentrarse seis (6) chorros de agua, provenientes de tomas independientes, de un caudal individual superior a treinta metros cúbicos (30 m³) por hora. La concentración de chorros no deberá realizarse con mangueras cuya longitud exceda de 120 metros.
- Artículo 204° — La alimentación de esta red se asegurará mediante dos fuentes independientes de bombeo y energía y las reservas de agua serán tales que aseguren un funcionamiento continuo durante un mínimo de cuatro horas (4), de la instalación trabajando al máximo de la capacidad normal de los equipos de bombeo. La presión mínima de 7 Kg/cm² en la toma más alejada, con el máximo de bocas abiertas que pueda ser necesario.

A partir de las siguientes fórmulas se determina la cantidad de agua necesaria para uso en red contra incendios en la zona de operación:

$$Q = Nch * Q_{min}$$

Siendo:

- Q = caudal de agua consumida [m³/h]
- Nch= números de bocas de salida, en la zona I tendremos 6 bocas.
- Q_{mín}= caudal mínimo por boca= 30 m³/h
-

$$Q = 6 * 30 \text{ m}^3/\text{h} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando un funcionamiento continuo mínimo de 4 horas, entonces el volumen de agua requerido es:

$$V = 180 \text{ m}^3/\text{h} * 4 \text{ h}$$

$$V = 720 \text{ m}^3$$

- **ZONA II-ALMACENAMIENTO:** área ocupada por tanques de almacenamiento de materia prima, productos y el conjunto de instalaciones destinadas al movimiento de los fluidos en ellos contenidos.

A continuación se citan los artículos de importancia para el cálculo:

- Artículo 301° — En todo parque de tanques deberá existir una red de cañerías de agua contra incendios que alimentará dispositivos destinados fundamentalmente a la refrigeración de las unidades de almacenamiento en caso de incendios en tanques próximos.
- Artículo 302-a — Hidrantes en número y distribución tal que sea posible concentrar en cualquier punto del parque seis (6) chorros de treinta metros cúbicos (30 m³) por hora cada uno, como mínimo, sin que sea necesario tender líneas de mangueras de más de ciento veinte (120) metros de longitud.
- Artículo 302-b — Pitones o monitores y/u otros dispositivos fijos especiales que permiten la formación de cortinas de agua aisladoras entre un tanque incendiado y los que lo rodean. La capacidad de estos dispositivos será tal que todos los tanques que rodean a otro presuntamente incendiado, puedan recibir un caudal de agua de treinta litros por hora por metro cuadrado (30 litros/h/m²) de superficie exterior.

A partir de las siguientes fórmulas se determina la cantidad de agua necesaria para uso en red contra incendios en la zona de almacenamiento:

$$Q = Nch * Qmin$$

Siendo:

- Q = caudal de agua consumida [m³/h]
- Nch= números de bocas de salida, en la zona II tendremos entre hidrantes y monitores 6 bocas.
- Q_{mín}= caudal mínimo por boca= 30 m³/h

$$Q = 6 * 30 \text{ m}^3/\text{h} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando un funcionamiento continuo mínimo de 4 horas, entonces el volumen de agua requerido para hidrantes es:

$$Vh = 180 \text{ m}^3/h * 4 \text{ h}$$

$$Vh = 720 \text{ m}^3$$

Para el caso de los monitores, se considera un área de 1.500 m²:

$$Vm = 30 \text{ lts}/h * m^2 * 4 \text{ h} * 1.500 \text{ m}^2$$

$$Vm = 180.000 \text{ lts} = 180 \text{ m}^3$$

En el [gráfico 14](#) se puede visualizar la distribución de hidrantes y monitores en Lay Out.

La red contra incendios está compuesta por cuatro bombas, una bomba jockey (P-603) que es la que mantiene presurizada la red en 13 kg/cm² y 32 kg/cm²; en casos dónde existe apertura de cualquier sistema en planta la presión desciende a 5 kg/cm², es acá donde los presostatos (que son sensores que monitorean la presión de un sistema y que cuándo ésta sobrepasa o baja un valor establecido actúa como un interruptor eléctrico que abre o cierra un circuito) actúan enviando la señal a las bombas eléctricas (P-601-A/B) y/o a la bomba de combustible diésel (P-602).

Se contará con dos tanques de almacenamiento de agua para red contra incendio, cada uno de ellos con una capacidad de almacenamiento de 1.620 m³, considerando la necesidad de sacar alguno de servicio para mantenimiento y quedar con reserva para eventuales casos.

En el anexo se encontrará el PID del sistema de red contra incendios con lo indicado anteriormente.

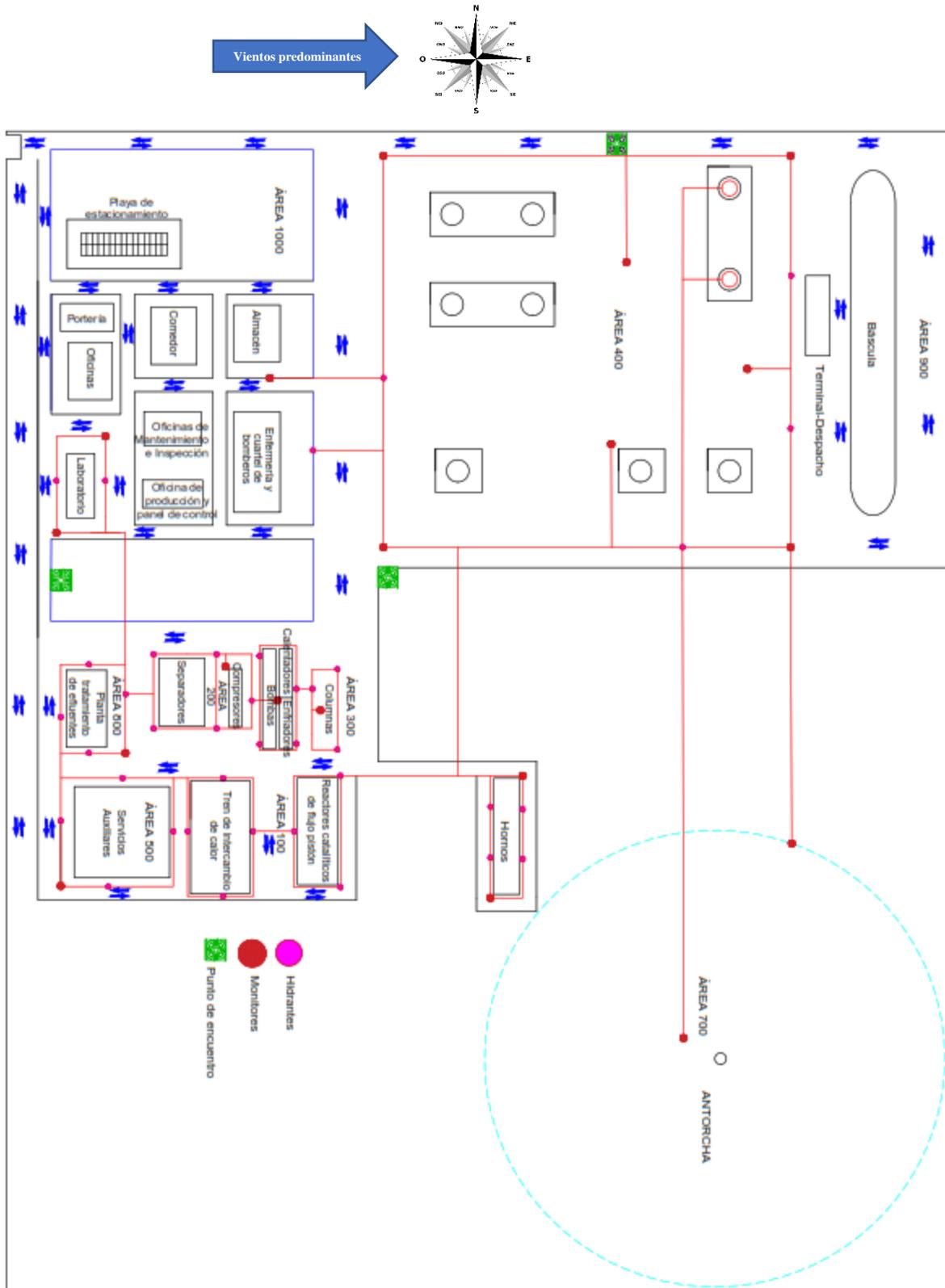


Gráfico 14. Lay Out Red Contra Incendios

4.7.1. Refrigerante R-170:

Para lograr disminuir la temperatura de aquellas corrientes en las que no es posible usar agua de enfriamiento se tiene que utilizar un refrigerante, mediante un ciclo de refrigeración simple que consta de cuatro procesos principales: compresión, condensación, expansión y evaporación, tal como se muestra en el [gráfico 15](#) como ejemplo de enfriamiento de la corriente 215 compuesta por propano, propileno e hidrógeno y lograr la separación de éste último.

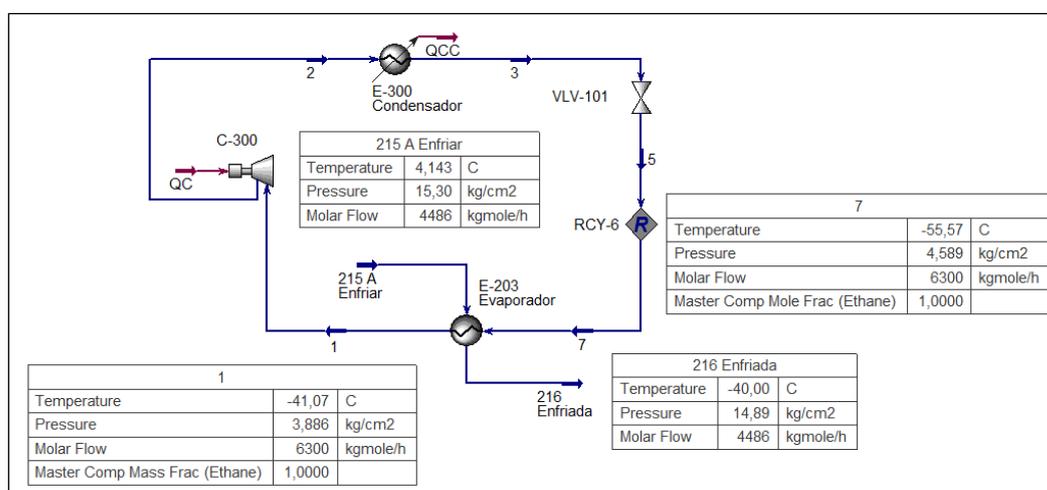


Gráfico 15. Ciclo de refrigeración con etano para enfriar la corriente 215

El proceso comienza con la corriente 1 donde el compresor aspira el vapor refrigerante sobrecalentado a través del conducto de aspiración y empieza a comprimirlo. La presión, la temperatura y la energía del vapor comprimido aumentan rápidamente.

En el condensador, el refrigerante sufre un cambio de fase en el que el vapor saturado se convierte gradualmente en líquido saturado. En esta parte del proceso se libera energía en forma de calor que es absorbida por agua de enfriamiento. La condensación tiene lugar en condiciones de presión y temperatura constantes donde el valor “x” del refrigerante es igual a cero ($x = 0$).

En el proceso de expansión la válvula se utiliza para reducir la presión del refrigerante que entra como líquido sub enfriado y sale como una mezcla de líquido y vapor. Este proceso se considera isoentálpico, la energía (entalpía, kJ/kg) del refrigerante es constante.

El proceso de evaporación ocurre a una presión y temperatura constantes. Acá el refrigerante absorbe calor de la corriente caliente de proceso y toda la fase líquida de la

mezcla liquido-vapor se evapora y se obtiene el vapor refrigerante saturado ($x=1$). En esta parte del proceso se asegura el recalentamiento del refrigerante para que no entre al compresor en estado líquido.

Para este caso utilizaremos como medio refrigerante el etano dado que su punto de ebullición es relativamente bajo ($-88,6^{\circ}\text{C}$ a presión atmosférica) lo que lo hace adecuado para ciertas aplicaciones criogénicas y de baja temperatura.

Se realizó un ciclo cerrado en paralelo ([gráfico 16](#)) para bajarle la temperatura a las siguientes corrientes:

Tabla 31. Consumo de etano como refrigerante

Corriente de proceso	Temperatura Inicial [$^{\circ}\text{C}$]	Corriente de proceso	Temperatura Final [$^{\circ}\text{C}$]	Corriente fría	W [Kg/h]
201	15,03	202	5	17 (Etano)	1,892E+4
206	26,24	207	15	19 (Etano)	2,751E+4
211B	21	211B	5	21 (Etano)	2,522E+5
215	4,143	216	-40	15 (Etano)	1,894E+5
					4,90E+5

Cabe mencionar que la corriente 211 previo a refrigerarse con etano se disminuye su temperatura hasta 21°C con agua de enfriamiento, reduciendo así el mayor consumo de refrigerante.

La totalidad de etano usado en el ciclo cerrado de refrigeración por única vez sería de $4,880\text{e}+5$ Kg/h.

4.7.1. Energía Eléctrica

El suministro de energía eléctrica en la ciudad de Bahía Blanca es provisto por OCEBA (Organismo de Control de Energía Eléctrica de la Provincia de Buenos Aires).

En la [tabla 32](#) se detalla el consumo eléctrico requerido por las bombas y compresores de la planta, mientras que en la [tabla 33](#) se considera el gasto energético de la iluminaria de la planta y oficinas, considerando éstos como el 3% y 2% de la potencia consumida por motores del proceso.

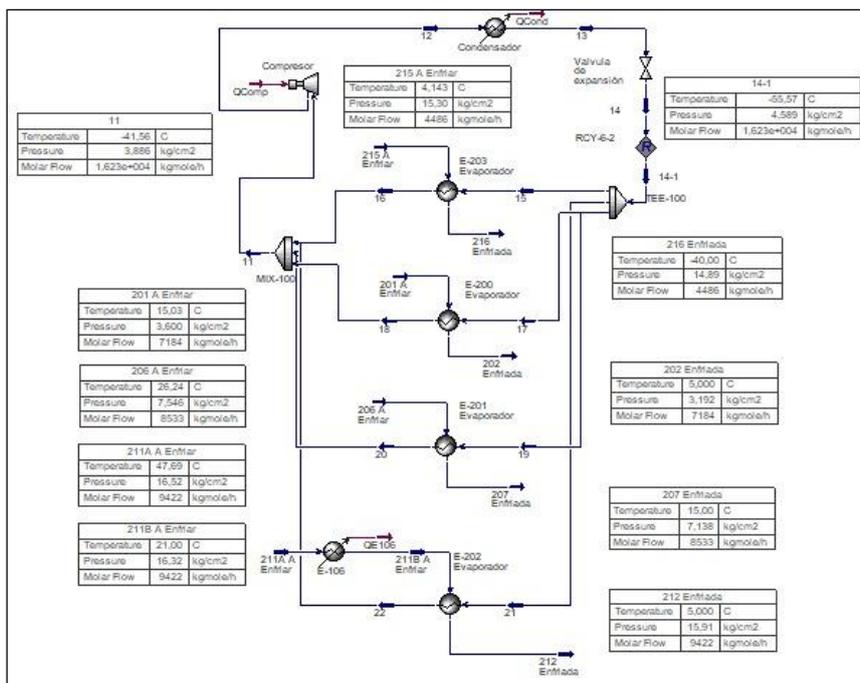


Gráfico 16. Diagrama de flujo del sistema de refrigeración en paralelo

Para el cálculo de la potencia de las bombas se efectuó el siguiente procedimiento:

- 1- Se tuvo en cuenta el diámetro obtenido para las cañerías de ingreso y egreso a las bombas, el dimensionamiento de las cañerías fue obtenido a partir del Software Hysys V9, tomando como referencia velocidades recomendadas de fuentes de YPF, teniendo como fuente base ASME B31.1 y ASME B31.3, según sea un fluido líquido, gaseoso o mezcla, se propone una caída de presión en la cañería y se determina el diámetro.

Tabla 32. Consumo eléctrico por equipo

Equipo	Consumo [kW*día]
P-200	771,6
P-400	23,23
P-401	23,23
P-300-A	48,5
P-300-C	48,5
P-301	33,92
P-302	33,92
C-200	164.208
C-201	163.848
C-202	163.512
Total	492.550,9

Tabla 33. Consumo eléctrico de iluminarias

Iluminación	Potencia [kW*día]
Planta	14.776.527
Oficinas	9.851,02

- 2- Mediante la tabla de dimensiones y pesos de tuberías de acero forjado soldados y sin costura, obtenida de American National Standards Institute. (ANSI B36.10 - 1979), se selecciona el diámetro nominal, externo e interno, el espesor y Schedule.

Se calcula el número de Reynolds para determinar el tipo de flujo.

$$Re = \frac{Di * v * \rho}{\mu}$$

Dónde: Di es el diámetro interno de la cañería, v es la velocidad de conducción admisible, ρ es la densidad del fluido y μ la viscosidad cinemática del fluido, todos estos parámetros son comunes tanto para la succión como para la descarga de la bomba.

- 3- Con el número de Reynolds y la rugosidad relativa, se define el factor de fricción “f” mediante el Diagrama de Moody (Cengel & Cimbala, 2012).

$$Rugosidad\ relativa = \frac{\varepsilon}{Di}$$

Siendo ε la rugosidad, que para el acero comercial tiene un valor de 0,05 mm

- 4- Se efectúa el cálculo de la longitud equivalente, el valor obtenido en nuestro caso es un valor promedio general. A cada accesorio presente en la trayectoria le corresponde un coeficiente de pérdida K_L (Cengel & Cimbala, 2012). y aplicando la siguiente fórmula se obtiene la longitud equivalente:

$$Leq = \frac{D}{f} * \Sigma K$$

- 5- Para determinar la pérdida de carga H_f en el sistema, se aplica la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f * \frac{Leq}{Di} * \frac{v^2}{2 * g}$$

- 6- Para determinar la altura dinámica de la bomba se realiza un balance mecánico entre la succión y la descarga, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La diferencia de velocidad de fluido entre los puntos a evaluar es despreciable.
- La diferencia de altura es despreciable.

$$Hb = \frac{Pd - Ps}{\rho * g}$$

7- Finalmente, la potencia útil de la bomba se determina:

$$W = Hb * \rho * g * q$$

Este procedimiento se repite en cada una de las bombas del proceso para la determinación de la potencia y objetivamente el cálculo del consumo eléctrico por equipo como se indica en la [tabla 32](#).

4.7.2. Gas Natural

Este servicio auxiliar será utilizado principalmente como gas combustible en los hornos intermedios de las etapas de reacción, como así también en la caldera de generación de vapor y en el sistema de ignición del flare.

El gas será distribuido por la transportadora de gas natural más grande de Latinoamérica, TGS a través de gasoductos.

El gas entra al límite de batería de la planta y el sistema cuenta con una válvula de bloqueo. Al ingresar pasa por el filtro V-505 donde se separan las posibles partículas sólidas y el líquido presente, se cuenta con una línea de bypass con su correspondiente válvula de bloqueo para poder seguir operando en caso de que el filtro se encuentre fuera de servicio. El equipo cuenta con dos cuerpos, el superior es donde se retienen las partículas a través de los internos del mismo, y a su vez el posible líquido se separa y se envía al cuerpo inferior, éste último está dividido en dos secciones independientes, es el que retiene todo el líquido separado y opera con un cierto nivel de líquido, cuando se llega a un alto nivel se vacía a través de la purga del mismo con una manguera que conecta el operador.

Una vez filtrado el gas, se envía a la estación de medición. Que consta fundamentalmente de un tramo recto que contiene un medidor de caudal, un medidor de temperatura y un medidor de presión con un totalizador de caudal cuya señal es indicada en la sala de control, la estación de medición cuenta con una línea de bypass y doble bloqueo.

El sistema finaliza con el colector de distribución, pero previo a este se estrangula el gas con la PV-506-A hasta una presión de aproximadamente 2 kg/cm², para luego distribuirse a los equipos ya mencionados.

Con ayuda de los datos provistos por la simulación en Hysys, se realiza el cálculo del consumo de gas natural, a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{Wc}{9.300}$$

Siendo:

- Q: flujo de gas natural requerido [m³/h].
- Wc: potencia calorífica en hornos [kcal/h].
- El valor de 9.300 kcal/m³ es adoptado como referencia a los efectos de uniformar la facturación de todos los usuarios del país los cuales reciben gas o mezcla de gases procedentes de diferentes cuencas productoras y por lo tanto con diferentes calidades, es decir diferentes poderes caloríficos.

Tabla 34. Potencia calorífica de hornos

Horno	Potencia calorífica [kcal/h]
H-100	25.010.000
H-101	7.773.000
H-102	7.638.000
H-103	8.104.000

El flujo de gas natural requerido en el proceso es de 5.218 Sm³/h.

4.7.1. Hidrógeno – Gas combustible

Tal como se mencionaba anteriormente, se realizaron los cálculos necesarios para determinar la viabilidad de utilizar hidrógeno como gas combustible en la caldera de baja presión.

Se pudo determinar que la cantidad que se puede generar de vapor con ésta alimentación es de 295 kg/h aproximadamente, siendo necesario el uso de 1.066 kg/h de vapor para acondicionar la corriente 218 (ver [4.5.4 – Descripción del proceso](#)). Realizando un análisis, consideramos que no es viable el uso de ésta corriente como gas combustible.

Como alternativa, se podría establecer un convenio mediante el cual les suministramos la materia prima a determinadas empresas detalladas con anterioridad y ellas nos devuelvan los

gases propano/propileno purificados para su reintegración en el sistema. Este enfoque refleja el modelo actualmente utilizado por la refinería de YPF en Luján de Cuyo, donde el propano y el propileno se envían por poliducto, se separa el propileno y se retorna el propano a la refinería. Esta colaboración podría resultar beneficiosa tanto para nuestra empresa como para las entidades receptoras, asegurando una gestión más eficiente y económica de los recursos disponibles.

A continuación se describen los pasos básicos para realizar los cálculos indicados:

1. Conocer las Especificaciones de la Caldera

- Capacidad de la caldera: La cantidad máxima de vapor que puede producir, usualmente medida en kg/h o toneladas/h.
- Eficiencia de la caldera: El porcentaje de la energía del combustible que se convierte en vapor.

2. Datos del Combustible (Gas)

- Poder calorífico del gas: La cantidad de energía que produce la combustión del gas, generalmente medida en MJ/m³ o kcal/m³.
- Consumo de gas: La cantidad de gas que se va a quemar, usualmente medida en m³/h.

3. Cálculos de Energía y Producción de Vapor

- Cálculo de la Energía Disponible del Combustible:

$$\text{Energía disponible (} Q \text{)} = \text{Poder calorífico del gas} \times \text{Consumo de gas}$$

- Cálculo de la Energía Útil:

$$\text{Energía útil} = \text{Energía disponible} \times \text{Eficiencia de la caldera}$$

- Cálculo de la Cantidad de Vapor Generado: Para calcular la cantidad de vapor generado, se necesita la energía necesaria para vaporizar el agua. Esto se basa en la entalpía de vaporización del agua (aproximadamente 2.260 kJ/kg a presión atmosférica).

$$\text{Cantidad de vapor} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Entalpía de vaporización del agua}}$$

Desarrollo de Cálculo:

- **Especificaciones de la caldera:**
 - Capacidad: .200 kg/h
 - Eficiencia: 95,3% (0,953)

- **Datos del combustible (Gas natural):**
 - Poder calorífico: Para obtener el poder calorífico del gas se debe contar con la composición del gas en términos de los diferentes componentes y el poder calorífico de los componentes individuales.

Tabla 35. Datos para cálculo

Componente	% molar	PCI (MJ/m ³)	PCS (MJ/m ³)
Hidrógeno	89,74	10,8	12,8
Propano	5,33	84,0	93,0
Propileno	4,53	85,6	91,9
Etano	0,40	63,3	68,5

Para calcular la cantidad de gas utilizado en una caldera, generalmente se recomienda usar el Poder Calorífico Inferior (**PCI**). Esto se debe a que el PCI refleja la cantidad de energía disponible para hacer trabajo útil en aplicaciones donde el vapor de agua producido en la combustión no se condensa y, por lo tanto, su energía latente de condensación no se recupera. Las calderas y en especial las de generación de vapor para procesos industriales y calefacción, no suelen recuperar esta energía latente.

- Poder calorífico del gas: $(0,8974 \times 10,8) + (0,0533 \times 84) + (0,0453 \times 85,6) + (0,004 \times 63,3)$

$$\text{Poder calorífico del gas} = 18.3 \text{ MJ/m}^3$$

- Consumo de gas: **38,23 m³/h**

- **Energía disponible del combustible:**

$$Q = 18,3 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \times 38,23 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 699,609 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$$

- **Energía útil:**

$$\text{Energía útil} = 699,609 \frac{\text{MJ}}{\text{h}} \times 0,953 = 666,73 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$$

- **Cantidad de vapor generado:**

$$\text{Cantidad de vapor} = \frac{666,73 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}}{2,26 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} \approx 295,013 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

4.7.2. Sistema de Antorcha

Su objetivo principal es quemar los gases generados ante una parada imprevista de la planta como así también durante la puesta en marcha y parada programada de la misma para evitar su emisión a la atmósfera, es decir que son sistemas de seguridad imprescindibles.

El sistema de antorcha está compuesto también por un recipiente extractor de líquido V-504, denominado Knock Out Drum (KOD), el líquido condensado es enviado a la planta de tratamiento de efluentes mientras que el gas se dirige a la antorcha de forma segura.

4.8. Documentación a presentar

Anexado al proyecto se deberán presentar los siguientes documentos:

- Diagramas de flujo de proceso.
- Diagramas de tuberías e instrumentación del proceso.
- Diagramas de flujo de servicios auxiliares.
- Diagramas de tuberías e instrumentación de servicios auxiliares.
- Lay Out de la planta.

4.9. Identificación de la legislación y normativa requerida

Calidad:

- Resolución 7/2006, requerida para la calidad de comercialización de GLP.

Seguridad:

- Ley 13.660 Decreto 10.877/1960, relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos
- Ley 19.587 Decretos 351/79 y 1338/96 requeridas para la higiene y seguridad en el trabajo.

Diseño de equipos y tuberías:

- Código ASME B31.1 requerida para el diseño, materiales, fabricación, pruebas e inspección de tuberías a presión.
- Código ASME B31.3 similar a la anterior sólo que también es muy utilizada para diferentes accesorios.

- Código ASME Sección VIII requerida para la definición de los requisitos de proyecto para recipientes a presión.
- Código ASME Sección IV requerida para el diseño, construcción, inspección y prueba de calderas y recipientes a presión.
- Norma API 620 requerida para materiales, diseño y fabricación de piezas metálicas para sistemas de tanques refrigerados.
- Norma API 610/ISO 13709 requerida para el diseño y fabricación de bombas centrífugas utilizadas en servicios de proceso de la industria de petróleo y petroquímica.

4.10. Conclusión

La empresa tiene como objetivo principal suplir la demanda de propileno en Argentina y competir a nivel internacional, produciendo 318.900 toneladas anuales mediante la deshidrogenación de propano. La producción generará propileno con una pureza del 86%, hidrógeno con un 90% de pureza, y una mezcla de butanos con un 91% de pureza, aptos para diversas aplicaciones industriales.

El proceso de deshidrogenación catalítica de parafinas no oxidativa se ha seleccionado debido a su alta selectividad, eficiencia energética, y menor impacto ambiental. Entre las tecnologías consideradas, la metodología Oleflex se destaca por su capacidad de mantener una alta conversión de propano (40%) y selectividad hacia el propileno (90%), utilizando un catalizador de platino soportado sobre pellets de alúmina modificado con estaño. Esta elección optimiza la producción y reduce subproductos indeseables, consolidándose como la opción más adecuada y rentable para la planta.

La colaboración con empresas especializadas en la purificación de gases, como Praxair y Air Liquide, se considera una opción viable para gestionar los subproductos y maximizar la eficiencia del proceso.

4.11. **Bibliografía**

Aguas Bonaerenses S.A. (s.f.). *Aguas Bonaerenses S.A.* Recuperado de

<https://www.aguasbonaerenses.com.ar/>

Air Liquide. (s.f.). *Gas - Hidrógeno*. <https://ar.airliquide.com/gas-hidrogeno>

American National Standards Institute. (1979). *Welded and Seamless Wrought Steel Pipe*. (ANSI B36.10-1979).

Butane – Thermophysical Properties. (s.f.). The Engineering ToolBox.

https://www.engineeringtoolbox.com/butane-d_1415.html

CATALYSIS IN CHEMICAL AND PETROCHEMICAL INDUSTRY. (2015). Propylene Production Technology: Today and Tomorrow en Lavrenov, A.V., Saifulina, N.F., Buluchevskii, E.A., y Bogdanets, E.N. (Ed.). (3^oed, Vol. 7, pp. 175-187). Pleiades Publishing.

Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2012). *Mecánica de Fluidos. Fundamentos y aplicaciones*. McGraw Hill Education.

Ciclo básico de refrigeración. Areacademy. (10 de enero de 2023).

<https://areacooling.com/areacademy/es/ciclo-basico-de-refrigeracion/#:~:text=El%20ciclo%20de%20refrigeraci%C3%B3n%20simple,de%20expansi%C3%B3n%20y%20el%20evaporador.>

Cómo funcionan las calderas industriales. (s.f.). VAPREST.

<https://vaprest.com/funcionamiento-calderas-industriales/>

Decreto 10.877 de 1960. [Con fuerza de ley]. Reglamentación de la Ley 13660, relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos. 09 de septiembre de 1960.

Diamante. S. (07 de febrero de 2024). *Los planes de la nueva YPF: sistema de producción Toyota, más inversiones en Vaca Muerta y proyecto de exportación de GNL*. LA NACIÓN. <https://www.lanacion.com.ar/economia/los-planes-de-la-nueva-ypf-sistema-de-produccion-toyota-mas-inversiones-en-vaca-muerta-y-revive-el-nid06022024/>

- González, S. J. (2016). *Ingeniería básica de una planta de deshidrogenación de propano para la producción de propileno* (Tesis de grado). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Linde. (s.f.). *Usos y aplicaciones del gas hidrógeno e hidrógeno líquido por industrias*.
<https://www.linde.ar/gases/hydrogen>
- Marten. T. (01 de febrero de 2018). *Diferencia entre calderas de baja y alta presión*. Geniolandia. <https://www.geniolandia.com/13103955/diferencia-entre-calderas-de-baja-y-alta-presion>
- Meyers, A. R. (2018). UOP OLEFLEX PROCESS FOR LIGHT OLEFIN PRODUCTION en Spieker, W., Nedohi, G., y Marsh, M. (Ed.). *HANDBOOK OF PETROCHEMICALS PRODUCTION PROCESSES* (2°ed, pp. 254-260). McGraw Hill Education.
- Nasif, M. (2013). *CONCEPTUALIZACIÓN DE UNA UNIDAD DE DESHIDROGENACIÓN DE PROPANO PARA PRODUCIR PROPANO-PROPILENO DE ALIMENTACIÓN A UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PROPILENO GRADO POLÍMERO* (Tesis de grado). Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- National Institute of Standards and Technology. (2023). *NIST Chemistry WebBook*. NIST Standard Reference N°69. Recuperado de <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C74986&Mask=4>
- Organismo de Control de Energía Eléctrica. (s.f.). *Organismo de Control de Energía Eléctrica*. Recuperado de https://oceba.gba.gov.ar/nueva_web/
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado de <https://www.who.int/es>
- Propane – Dynamic and Kinematic Viscosity vs Temperature and Pressure*. (s.f.). The Engineering ToolBox. https://www.engineeringtoolbox.com/Propane-C3H8-dynamic-kinematic-viscosity-temperature-pressure-d_2064.html
- Propane*. (s.f.). Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Propane>
- Propileno*. (01 de noviembre de 2000). Estructplan. <https://estrucplan.com.ar/propileno/>
- Resolución 7 de 2006. [Secretaría de Energía]. Programa Nacional de Control de Calidad del Gas Licuado de Petróleo. 13 de enero de 2006.

- Roig, S., y Tang Arroyo, A. (2020). *DESHIDROGENACIÓN DE PROPANO PARA PRODUCCIÓN DE PROPILENO* (Tesis de grado. Universidad Tecnológica Nacional). Repositorio Institucional Abierto - Facultad Regional de La Plata.
- Sanchis, J. C. (19 de julio de 2022). *La chimenea de la caldera industrial*. CALDERAS INDUSTRIALES. <https://www.calderasformacion.com/la-chimenea-de-la-caldera-industrial/>
- Smith, R. (2016). Cooling and Refrigeration Systems. *Chemical Process. Design and Integration*. (2da Ed, pp. 647-685). Wiley.
- Torre De Enfriamiento. Cómo Funciona, Tipos, Partes*. Refri-Climas. (15 de julio de 2023). <https://www.refri-climas.com/torre-de-enfriamiento/>

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

5. Balances de masa y energía del proceso

5.1. Resumen ejecutivo

Tanto el balance de masa como de energía son una herramienta muy importante en lo que es la Ingeniería de Procesos.

El balance de materia es la aplicación de la Ley de Conservación de Masa que indica que la masa no se crea ni se destruye, solo se transforma. Esto implica que la cantidad de producto deseado depende directamente de los reactivos disponibles.

La planta utiliza el software Aspen Hysys V.10 para modelar y simular procesos químicos, ofreciendo herramientas avanzadas para la estimación de propiedades físicas, balances de masa y energía, y equilibrios líquido-vapor. Sin embargo, los resultados de las simulaciones requieren una evaluación crítica y una selección adecuada de paquetes de fluidos basados en el comportamiento de las soluciones, las condiciones operativas y las interacciones moleculares. En el proceso de Deshidrogenación de Propano, se utilizó el paquete Peng Robinson, adecuado para sistemas de hidrocarburos livianos.

La deshidrogenación involucra dos reacciones cinéticas y una catalítica heterogénea, ejecutadas en cuatro reactores de flujo pistón en serie. Estos reactores son elegidos por su eficiencia a altas temperaturas, alta conversión por unidad de longitud y bajo costo.

Se evaluaron tres opciones para la ubicación de la columna debutanizadora, la opción elegida se definió como la más eficiente en términos de costos y energía, a pesar de una menor eficiencia de separación en la depropanizadora.

Aplicando la tecnología del Pinch, se optimizó el intercambio térmico entre corrientes de proceso, minimizando la necesidad de servicios auxiliares y reduciendo costos energéticos. El análisis consideró la diferencia mínima de temperatura (ΔT_{min}) y garantizó que el intercambio de calor no dañe los equipos, permitiendo un diseño seguro y eficiente. El proceso de deshidrogenación presentó un remanente de energía a enfriar de 7.936,23 kW, gestionado mediante intercambiadores de calor optimizados.

5.2. Simulación:

En esta planta se utilizó el software Aspen Hysys V9 por su gran aplicación en lo que es modelado y simulación de procesos químicos además de sus ventajosas herramientas tales como la estimación de propiedades físicas, balances de materia y energía, equilibrios líquido-vapor, entre otros.

Los resultados de una simulación no son siempre fiables y deben ser analizados críticamente. Para ello, es necesario elegir correctamente los paquetes de fluidos.

Los paquetes de fluidos son elegidos teniendo en cuenta las siguientes variables:

- El comportamiento de una solución, que depende de la naturaleza de cada uno de sus componentes.
- De las cantidades presentes de cada componente.
- De las condiciones de presión y temperatura.
- De las fuerzas intermoleculares que actúan a nivel molecular.
- Y de la interacción con otros compuestos.

Los modelos matemáticos constituyen para cada equipo en el proceso, un sistema de ecuaciones algebraicas y diferenciales que describen ese equipo.

En el caso de la Deshidrogenación de Propano se utilizó el paquete termodinámico basado en ecuaciones de estado conocido como **Peng Robinson** ([gráfico 17](#)). Este da buenos resultados para sistemas de hidrocarburos livianos. Aplicable para este tipo de procesos, tales como depropanizadoras, debutanizadoras, separadores etano-etileno, separadores propano-propileno y absorbedores.

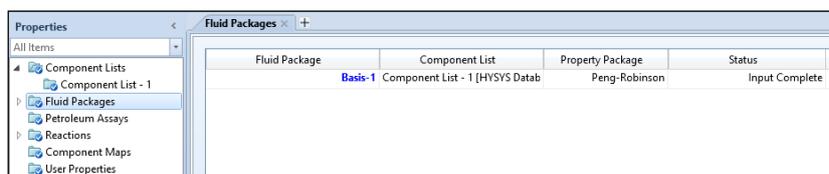


Gráfico 17. Paquete de fluidos

Otra consideración importante a tener en cuenta son las reacciones llevadas a cabo y los reactores utilizados.

Para el caso de la Deshidrogenación de Propano, existen *reacciones que emplean parámetros cinéticos*, dos del tipo cinéticas y una reacción catalítica heterogénea ([gráfico 18](#)), las cuales ocurren en cuatro reactores de flujo pistón colocados en serie ([gráfico 19](#)).

Para cargar las reacciones cinéticas en el simulador se debió especificar reactivo limitante, fase en la que se produce la reacción, estequiometría y los parámetros cinéticos como tal, factor de frecuencia y energía de activación, estos últimos obtenidos de bibliografía, tal como se observa en el [gráfico 20](#) y en el [gráfico 21](#).

Se procede de manera similar para el caso de la reacción catalítica heterogénea, sólo que se tuvieron en cuenta los parámetros cinéticos, factor de frecuencia y energía de activación, tanto de la reacción directa como inversa, datos obtenidos de bibliografía, tal como se observa en el [gráfico 22](#) y [gráfico 23](#).

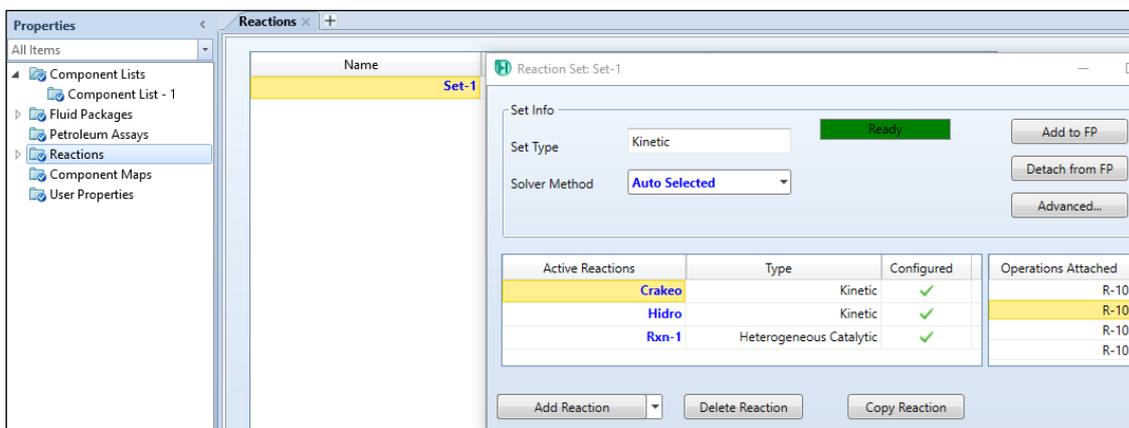


Gráfico 18. Reacciones

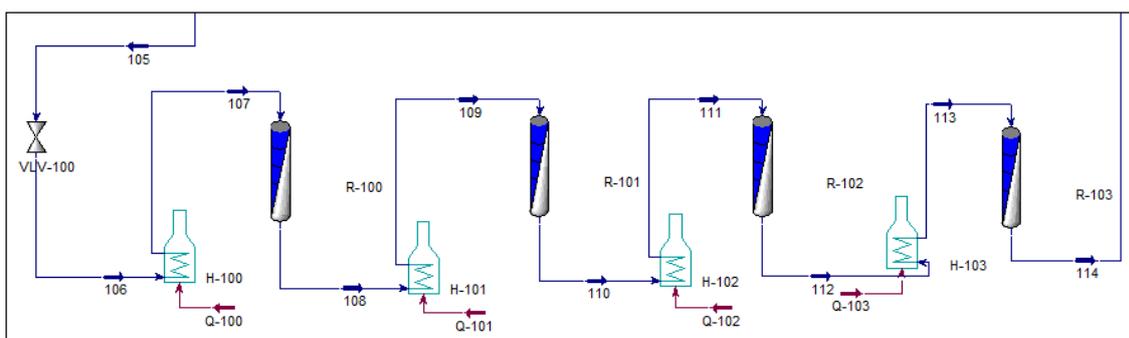


Gráfico 19. Reactores PFR Serie

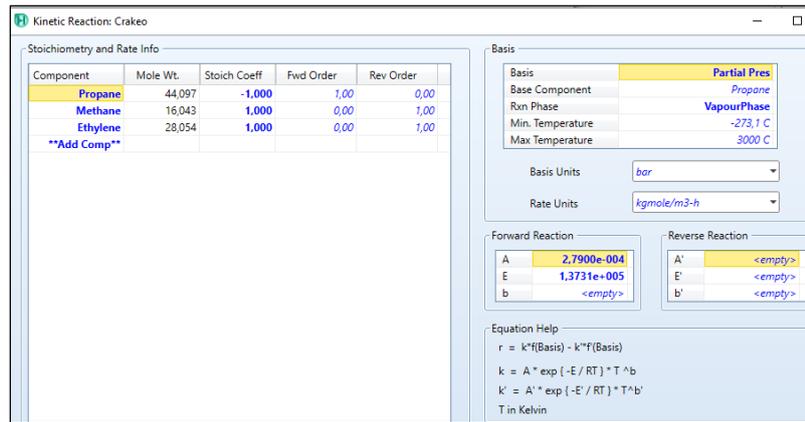


Gráfico 20. Datos cinéticos reacción de crackeo

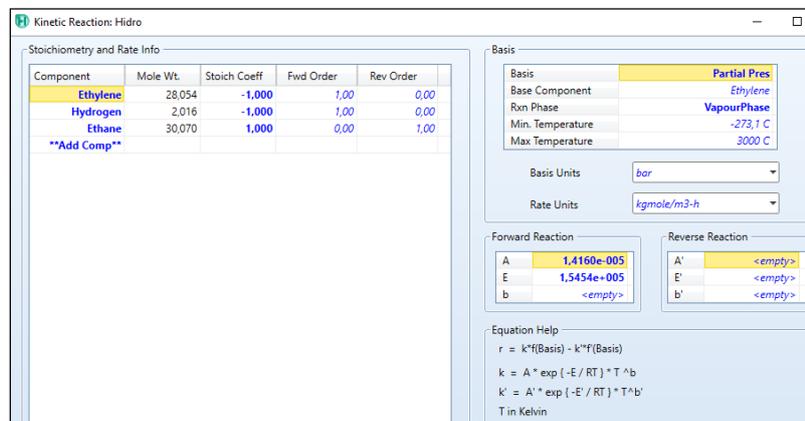


Gráfico 21. Datos cinéticos reacción de hidrogenación

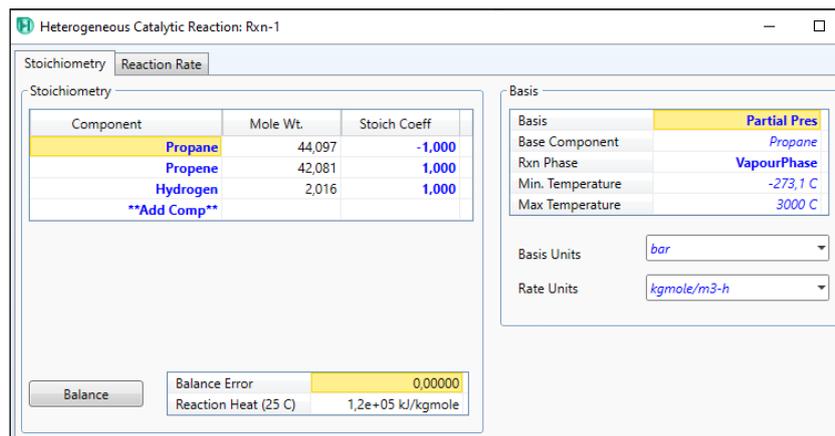


Gráfico 22. Datos cinéticos reacción de deshidrogenación

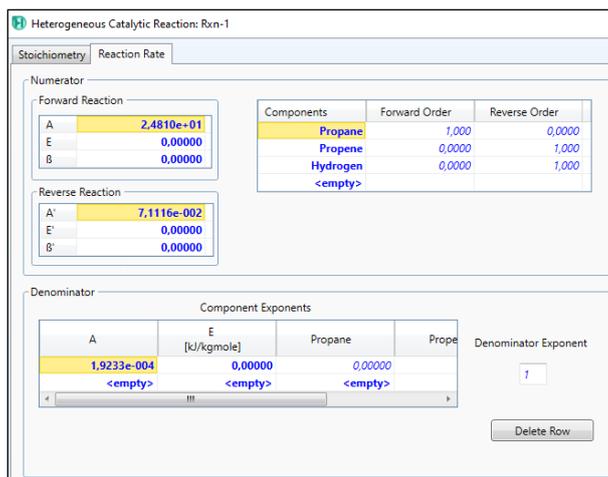


Gráfico 23. Datos cinéticos, reacción directa e inversa

En las siguientes imágenes se observan los porcentajes de conversión de cada una de las reacciones.

La última reacción es de nuestro interés y es la que mayor porcentaje de conversión tiene de propano hacia propileno en los cuatro reactores, dando una conversión global de 40,1%.

Reaction Extents Reaction Balance

	Act. % Cnv.	Base Comp	Rxn Extent
Crackeo	3,071e-013	Propane	8,971e-012
Hidro	1,947e-015	Ethylene	5,179e-024
Rxn-1	8,569	Propane	250,4

Gráfico 24. % Conversión R-100.

Reaction Extents Reaction Balance

	Act. % Cnv.	Base Comp	Rxn Extent
Crackeo	3,337e-013	Propane	8,915e-012
Hidro	1,992e-015	Ethylene	5,296e-024
Rxn-1	9,210	Propane	246,0

Gráfico 25. % Conversión R-101.

Reaction Extents Reaction Balance

	Act. % Cnv.	Base Comp	Rxn Extent
Crackeo	3,765e-013	Propane	9,132e-012
Hidro	2,017e-015	Ethylene	5,364e-024
Rxn-1	10,77	Propane	261,1

Gráfico 26. % Conversión R-102.

Reaction Extents Reaction Balance

	Act. % Cnv.	Base Comp	Rxn Extent
Crackeo	4,157e-013	Propane	8,996e-012
Hidro	1,908e-015	Ethylene	5,075e-024
Rxn-1	11,58	Propane	250,7

Gráfico 27. % Conversión R-103.

5.3. Columnas de destilación

En este apartado se detalla el análisis ejecutado para la elección de la localización de las columnas de destilación.

Como bien se aclaró, la materia prima ingresa a la planta con 2,5% molar de impurezas, tales como etano, i-butano y n-butano. El componente más liviano se irá descartando en la purga de gases que se efectúa posterior al V-204. Los componentes más pesados deben ser eliminados para evitar acumulación dentro del proceso y además darle un aprovechamiento energético como combustible dentro de la planta.

Tres son las opciones para consumir esta separación de compuestos:

1. Columna debutanizadora al inicio del proceso.
2. Columna debutanizadora y depropanizadora juntas y al final del proceso.
3. Columna de destilación con extracción lateral.

Para definir la elección se tuvo en cuenta consumo de energía, gastos, conversión, eficiencia de la columna y diseño de la misma.

5.3.1. Opción 1 – Columna debutanizadora al inicio del proceso:

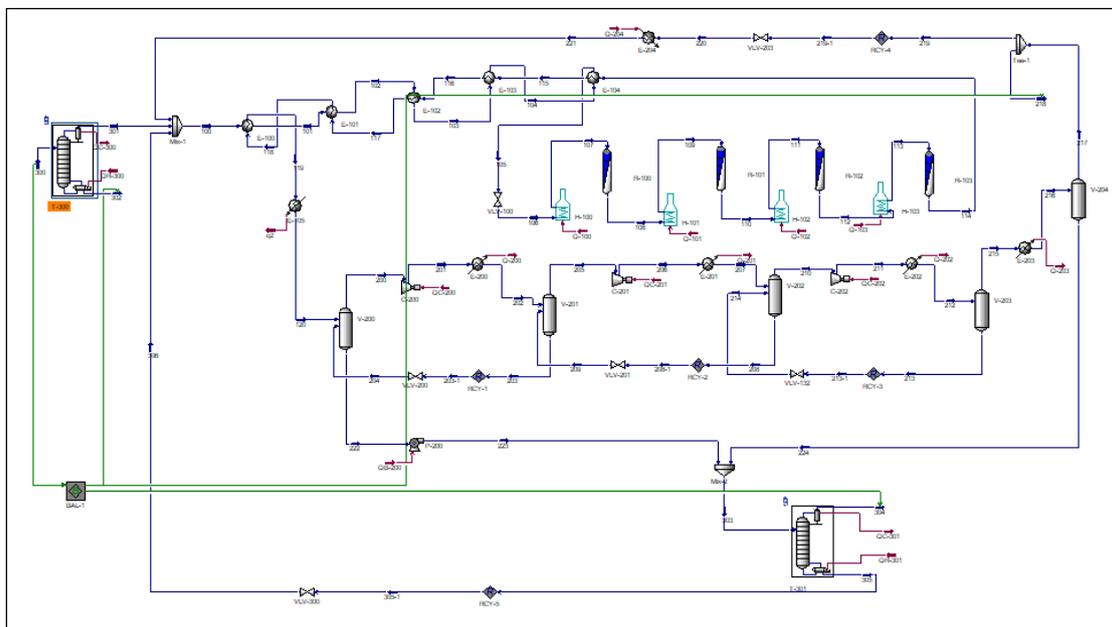


Gráfico 28. Columna debutanizadora al inicio del proceso.

Aspectos analizados:

- Consumo energético de ambas columnas

Tabla 36. Consumo energético en columnas Opción 1

Energía consumida [kJ/h]	Columna debutanizadora	Columna depropanizadora
Condensador	27.150.000	239.900.000
Re hervidor	45.200.000	276.400.000

Se comparó el flujo de energía en los re hervidores, para este caso un total de $3,216 \times 10^8$ kJ/h.

- Potencia requerida en los compresores

Tabla 37. Potencia requerida en compresores Opción 1

	Potencia [kW]
Compresor 1	6.842
Compresor 2	6.827
Compresor 3	6.813

Potencia total requerida para este caso de 20.482 kW.

- Área de transferencia en intercambiadores de calor

Tabla 38. Área de transferencia en intercambiadores Opción 1

	Área [m ²]
Intercambiador 1	1.075
Intercambiador 2	1.157
Intercambiador 3	1.193
Intercambiador 4	1.853
Intercambiador 5	1.894

- Número de platos en columnas

Tabla 39. Número de platos de columnas Opción 1

	Número
Columna debutanizadora	48
Columna depropanizadora	134

- Porcentaje de conversión en reactores

Tabla 40. Porcentajes de conversión Opción 1

	Conversión [%]
Reactor 1	8,6
Reactor 2	9,2
Reactor 3	10,8
Reactor 4	11,6

Conversión total: 40,2%

- Eficiencia en columnas

Tabla 41. Eficiencia de columnas Opción 1

	% de separación
Columna debutanizadora	99,98
Columna depropanizadora	92,8

5.3.2. Opción 2 – Columnas debutanizadora y depropanizadora juntas y al final del proceso:

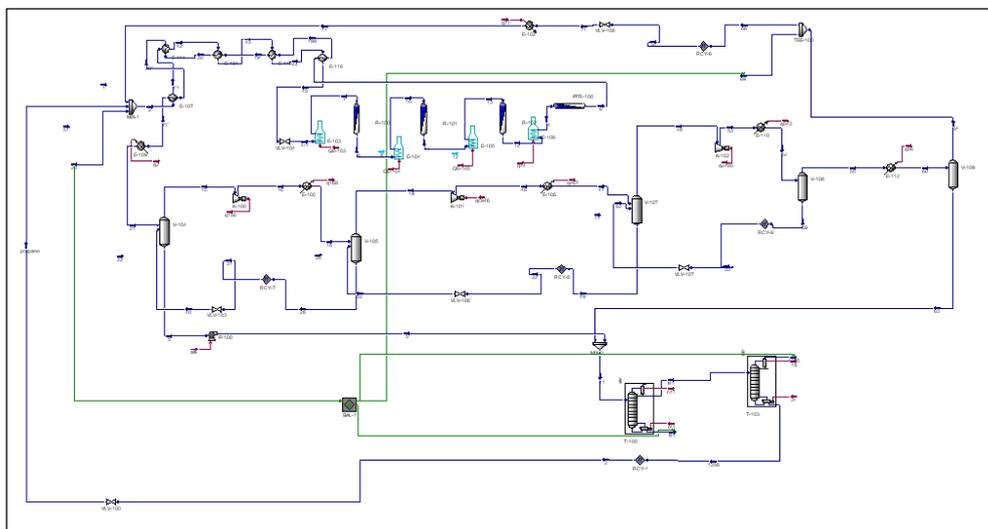


Gráfico 29. Ambas columnas al final del proceso.

Aspectos analizados:

- Consumo energético de ambas columnas

Tabla 42. Consumo energético en columnas Opción 2

Energía consumida [kJ/h]	Columna debutanizadora	Columna depropanizadora
Condensador	106.900.000	286.700.000
Re hervidor	123.600.000	311.800.000

Se comparó el flujo de energía en los re hervidores, para este caso un total de $4,354 \times 10^8$ kJ/h.

- Potencia requerida en los compresores

Tabla 43. Potencia requerida en compresores Opción 2

	Potencia [kW]
Compresor 1	8.054
Compresor 2	8.094
Compresor 3	8.023

Potencia total requerida para este caso de 24.171 kW.

- Área de transferencia en intercambiadores de calor

Tabla 44. Área de transferencia en intercambiadores Opción 2

	Área [m ²]
Intercambiador 1	2.133
Intercambiador 2	1.316
Intercambiador 3	1.339
Intercambiador 4	2.082
Intercambiador 5	2.126

- Número de platos en columnas

Tabla 45. Número de platos en columnas Opción 2

	Número
Columna debutanizadora	94
Columna depropanizadora	103

- Porcentaje de conversión en reactores

Tabla 46. Porcentajes de conversión Opción 2

	Conversión [%]
Reactor 1	7,3
Reactor 2	7,9
Reactor 3	9,3
Reactor 4	10

Conversión total: 34,6%

- Eficiencia en columna

Tabla 47. Eficiencia en columnas

	% de separación
Columna debutanizadora	95,1
Columna depropanizadora	98,2

5.3.3. Opción 3 – Columna de destilación con extracción lateral:

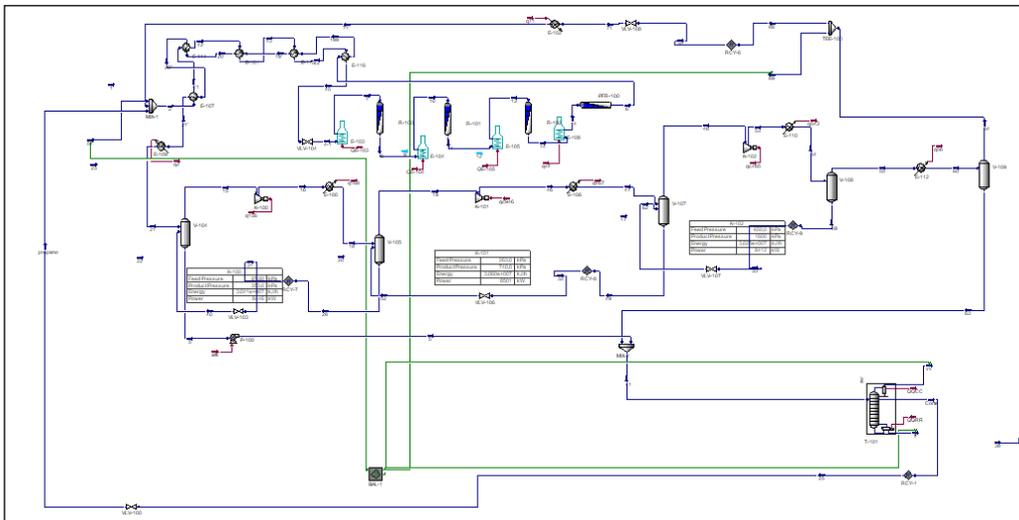


Gráfico 30. Columna con extracción lateral.

Aspectos analizados:

- Consumo energético de columna

Tabla 48. Consumo energético en columna Opción 3

Energía consumida [kJ/h]	Columna con corte lateral
Condensador	683.700.000.000
Re hervidor	683.700.000.000

Se comparó el flujo de energía en el re hervidor, para este caso un total de $6,837 \times 10^{11}$ kJ/h.

- Potencia requerida en los compresores

Tabla 49. Potencia requerida en compresores Opción 3

	Potencia [kW]
Compresor 1	8.446
Compresor 2	8.501
Compresor 3	8.412

Potencia total requerida para este caso de 25.359 kW.

- Área de transferencia en intercambiadores de calor

Tabla 50. Área de transferencia en intercambiadores Opción 3

	Área [m ²]
Intercambiador 1	2.229
Intercambiador 2	1.404
Intercambiador 3	1.379
Intercambiador 4	2.181
Intercambiador 5	2.227

- Número de platos en columna

Tabla 51. Número de platos en columna Opción 3

	Número
Columna corte lateral	134

- Porcentaje de conversión en reactores

Tabla 52. Porcentajes de conversión Opción 3

	Conversión [%]
Reactor 1	7
Reactor 2	7,6
Reactor 3	8,9
Reactor 4	9,6

Conversión total: 35,1%.

- Eficiencia en columna

Tabla 53. Eficiencia en columna Opción 3

	% de separación
Butanos	99,99
Propano	99,9

5.3.4. Conclusión:

A partir de esta información se concluye que la primera opción es la indicada respecto a lo que es consumo energético dado que al ubicar de esa forma cada torre, cada una de ellas recibe menor cantidad de flujo, por ende menor requerimiento de energía en los re hervidores; también es necesario mencionar la menor potencia necesaria en los compresores.

Conjuntamente los intercambiadores de calor serán más pequeños, por su menor área de transferencia de calor.

En el caso de la conversión la [opción 1](#) es la mayor de las tres opciones, con un 40,2%.

La única desventaja es la menor eficiencia de separación del propano ya que en la segunda y tercera opción este porcentaje de separación es mayor, sin embargo no se considera primordial frente al resto de las ventajas.

Todas estas indicaciones conllevan a la conclusión que el gasto económico será menor y más beneficioso para el proyecto ubicando las columnas tal como se muestran en el [gráfico 28](#).

5.4. Análisis Pinch – Red de intercambio de calor

Tal como se observó en los diagramas del flujo del proceso de deshidrogenación de propano, se tienen diversos intercambios de calor desde corrientes de servicio auxiliar (agua de enfriamiento o vapor) a corrientes de proceso o desde una corriente de proceso a otra corriente de proceso.

Se aplicaron los conceptos de la tecnología del Pinch, que no es ni más ni menos que un análisis de los procesos químicos y de los servicios auxiliares que emplea la Primera y Segunda Ley de la Termodinámica. Teniendo como objetivo final alcanzar una estructura con el mínimo requerimiento de servicios auxiliares, disminuyendo así los costos energéticos y cumpliendo con la exigencia de recuperación máxima de energía del proceso.

Anterior al análisis Pinch, se tenía una corriente producto de la mezcla de materia prima y recirculaciones con una temperatura muy baja y otra corriente efluente del último reactor con una temperatura muy elevada. Hablando de una diferencia de temperaturas de alrededor de 550-580°C, era imposible realizar un intercambio de calor con estas dos corrientes, ya que el choque térmico iba a dañar inmediatamente los tubos del intercambiador provocando fisuras, pérdidas de fluidos, eventos de riesgos tanto para las personas, medio ambiente, bienes materiales e imagen de la empresa.

Por lo que el primer planteo realizado fue aplicar un intercambio térmico de manera inversa, es decir enfriando previamente el efluente del reactor antes de ponerlo en contacto con la corriente de mezcla, que paralelamente se ira calentando también. Estos intercambios fueron analizados mediante la tecnología Pinch, de la siguiente manera:

- Se definieron las corrientes frías y calientes del proceso.
- De la simulación HYSYS V9. se obtuvieron los datos de temperatura de suministro, datos de cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura 1°C de gas ideal mediante una transformación isóbara (C_v) e isocora (C_p) y las velocidades de flujo molar de todas las corrientes.
- Se fijó la temperatura objetivo de todas las corrientes.
- Se determinó la capacidad calorífica de flujo.
- Con la primera ley de la termodinámica se calculó el cambio de entalpia de todas las corrientes.
- Con la segunda ley de la termodinámica se fijó la dirección del flujo de calor, el calor solo se transfiere desde una corriente de mayor temperatura a una de menor temperatura, prohibiendo el cruce de temperaturas, por tal motivo se debe definir una

diferencia mínima de temperatura ΔT , establecida con un valor de 10°C que es lo normal para un proceso químico.

En las próximas tablas se representa toda la información:

Tabla 54. Tipo de corriente y Temperaturas

Nombre de la corriente y tipo	T suministro [$^{\circ}\text{C}$]	T objetivo [$^{\circ}\text{C}$]
Corriente caliente - 118	270,1	178,6
Corriente caliente - 117	337,8	270,1
Corriente caliente - 116	397,6	337,8
Corriente caliente - 115	473	397,6
Corriente caliente - 114	538,3	473
Corriente fría - 100	0,7564	60
Corriente fría - 101	60	150
Corriente fría - 102	150	225
Corriente fría - 103	225	315
Corriente fría - 104	315	390

Tabla 55. Datos de energía obtenidos de Hysys

Nombre de la corriente y tipo	Cp/Cv	Cv (kJ/kg mol $^{\circ}\text{C}$)	Cp (kJ/kg mol $^{\circ}\text{C}$)	Flujo Molar (kg mol/h)	Cp*MF(kJ/h $^{\circ}\text{C}$)
Corriente caliente - 118	1,1	66,1	74,5	5.522	411.297,5
Corriente caliente - 117	1,1	71,5	79,9	5.522	441.202,3
Corriente caliente - 116	1,1	76	84,4	5.522	465.958,5
Corriente caliente - 115	1,1	81,2	89,6	5.522	494.813,8
Corriente caliente - 114	1,1	85,4	93,7	5.522	517.551
Corriente fría - 100	1,1	60,4	68,3	4.513	308.191,8
Corriente fría - 101	1,2	57,3	67,7	4.513	305.507,2
Corriente fría - 102	1,1	67,4	76,7	4.513	346.152,5
Corriente fría - 103	1,1	75,8	84,6	4.513	381.958,2
Corriente fría - 104	1,1	85,4	93,9	4.513	424.137,9

Tabla 56. Cálculo de capacidad calorífica y cambio de entalpía

Nombre de la corriente y tipo	Capacidad calorífica de flujo (kW/°C)	Cambio de entalpía (kW)
Corriente caliente - 118	114,2	-10.453,8
Corriente caliente - 117	122,6	-8.297
Corriente caliente - 116	129,4	-7.740,1
Corriente caliente - 115	137,4	-10.363,6
Corriente caliente - 114	143,8	-9.387,8
Corriente fría - 100	85,6	5.071,8
Corriente fría - 101	84,9	7.637,7
Corriente fría - 102	96,1	7.211,5
Corriente fría - 103	106,1	9.548,9
Corriente fría - 104	117,8	8.836,2

Tabla 57. Diferencia mínima de temperatura

ΔT_{\min}	$\Delta T_{\min}/2$
10	5

- Realizando la sumatoria de los cambios de entalpía para las corrientes frías y para las corrientes calientes, obtenemos la cantidad de energía necesaria para alcanzar la temperatura objetivo de cada una de ellas.

Tabla 58. Requerimientos de energía necesarios

$\Delta h_{\text{caliente}}$ [kW]	$\Delta h_{\text{frío}}$ [kW]	$\Delta h_{\text{necesario}}$ [kW]
-46.242,4	38.306,1	-7.936,2

De la [tabla 58](#) se interpreta que el proceso de deshidrogenación tiene un remanente de energía que deberá ser cubierta con servicios de enfriamiento en una cantidad de 7.936,2 kW.

Procedimiento para confección de curvas compuestas y gran curva compuesta:

- Teniendo en cuenta $\Delta T_{\min}/2$ indicado en la [tabla 57](#) se pueden ajustar las temperaturas indicadas en la [tabla 54](#) de la siguiente manera:
Corriente Caliente: $TS^*=TS- \Delta T/2$
Corriente Fría: $TS^*=TS+ \Delta T/2$
- En una tabla se ordenan de mayor a menor las temperaturas ajustadas, si alguna de ellas se repite sólo se considera una vez.
- Se generan los intervalos de temperaturas ajustadas de la siguiente forma:
 $\Delta T=T_{\text{sup}} - T_{\text{inf}}$.

- Se construyen las [tablas 59](#) y [60](#) indicando el comportamiento de cada corriente, agregando en cada celda sus respectivas capacidades caloríficas.

Tabla 59. Ajuste de temperaturas en corrientes frías

T ajustadas [°C]	ΔT [°C]	Corrientes frías				
		100	101	102	103	104
533,3						
468	65,3					
395	73					
392,6	2,4					117,8
332,8	59,8					117,8
320	12,8					117,8
265,1	54,9				106,1	
230	35,1				106,1	
173,6	56,4			96,1		
155	18,6			96,1		
65	90		84,9			
5,8	59,2	85,6				

Tabla 60. Ajuste de temperaturas en corrientes calientes

T ajustadas [°C]	ΔT [°C]	Corrientes calientes				
		114	115	116	117	118
533,3						
468	65,3	143,8				
395	73		137,4			
392,6	2,4		137,4			
332,8	59,8			129,4		
320	12,8				122,6	
265,1	54,9				122,6	
230	35,1					114,2
173,6	56,4					114,2
155	18,6					
65	90					
5,8	59,2					

- Se calcula la capacidad calorífica de cada corriente fría y caliente, haciendo una suma horizontal en cada intervalo de temperatura.
- Para cada intervalo se calcula el calor de cada corriente realizando el producto entre la capacidad calorífica y el ΔT .
- El cálculo del cambio de entalpía acumulado en cada corriente es de esta manera, desde abajo hacia arriba, se comienza desde cero y en sentido ascendente se suma el calor correspondiente.
- Se construyen de esta manera las [tablas 61](#) y [62](#).

Tabla 61. Cálculo de entalpía acumulada en corrientes frías

T ajustadas [°C]	ΔT [°C]	Cp corriente fría [kW/°C]	Qc corriente fría [kW]	ΔH acumulada corriente fría [kW]
533,3				
468	65,3			38.305,9
395	73			38.305,9
392,6	2,4	117,8	282,8	38.023,2
332,8	59,8	117,8	7.045,6	30.977,5
320	12,8	117,8	1.508,1	29.469,5
265,1	54,9	106,1	5.824,9	23.644,6
230	35,1	106,1	3.724,1	19.920,5
173,6	56,4	96,1	5.422,9	14.497,6
155	18,6	96,1	1.788,4	12.709,2
65	90	84,9	7.637,4	5.071,8
5,8	59,2	85,6	5.071,8	0

Tabla 62. Cálculo de entalpía acumulada en corrientes calientes

T ajustadas [°C]	ΔT [°C]	Cp corriente caliente [kW/°C]	Qc corriente caliente [kW]	ΔH acumulada corriente caliente [kW]
533,3				46.242,3
468	65,3	143,8	9.387,5	36.854,8
395	73	137,4	10.033,8	26.820,9
392,6	2,4	137,4	329,9	26.491,1
332,8	59,8	129,4	7.739,9	18.751,2
320	12,8	122,6	1.568,8	17.182,4
265,1	54,9	122,6	6.728,5	10.453,9
230	35,1	114,2	4.010,2	6443,7
173,6	56,4	114,2	6.443,7	0
155	18,6			
65	90			
5,7565	59,2435			

- Los cambios de entalpías remarcados en color en las [tablas 61](#) y [62](#), deben coincidir con los de la [tabla 58](#).
- Se determina la cantidad de calor que se puede ceder o absorber, realizando la diferencia entre el Qc corriente caliente y el Qc corriente fría.
- Por último se obtiene la cascada de calor ([tabla 63](#)), iniciando desde cero, a medida que descendemos en la columna, se suma el valor de la diferencia de calor calculada antes.

Tabla 63. Cálculo de cascada de calor

T ajustadas °C	QCC-QCF [kW]	Q* [kW]
533,3		0
468	9.387,5	9.387,5
395	10.033,8	19.421,4
392,6	47,1	19.468,5
332,8	694,3	20.162,8
320	60,7	20.223,4
265,1	903,6	21.127,1
230	286,1	21.413,2
173,6	1.020,8	22.434
155	-1.788,4	20.645,6
65	-7.637,4	13.008,2
5,8	-5.071,8	7.936,4

- De la [tabla 63](#), el valor remarcado en color naranja debería coincidir con el calor necesario en la [tabla 58](#).
- El valor cero indica el punto pinch, como no existe un valor menor a cero no se debe corregir la cascada de calor.
- Nuevamente, los requerimientos de servicios auxiliares de calentamiento son iguales a cero y los de enfriamiento son los 7.936,4 kW.

Se procede a graficar las curvas compuestas ([gráfico 31](#)), a partir de los valores de temperaturas sin ajustar ([tabla 54](#)) y con los cambios de entalpia obtenidos en las tablas [61](#) y [62](#) respectivamente; construyendo así la [tabla 64](#) y [tabla 65](#).

Tabla 64. Curva compuesta caliente

Curva compuesta caliente						
T [°C]	178,6	270,1	337,8	397,6	473	538,3
ΔH [kW]	0	10.453,9	18.751,2	26.491,1	36.854,8	46.242,4

Tabla 65. Curva compuesta fría

Curva compuesta fría						
T [°C]	0,76	60	150	225	315	390
ΔH [kW]	0	5.071,8	12.709,2	19.920,5	29.469,5	38.306

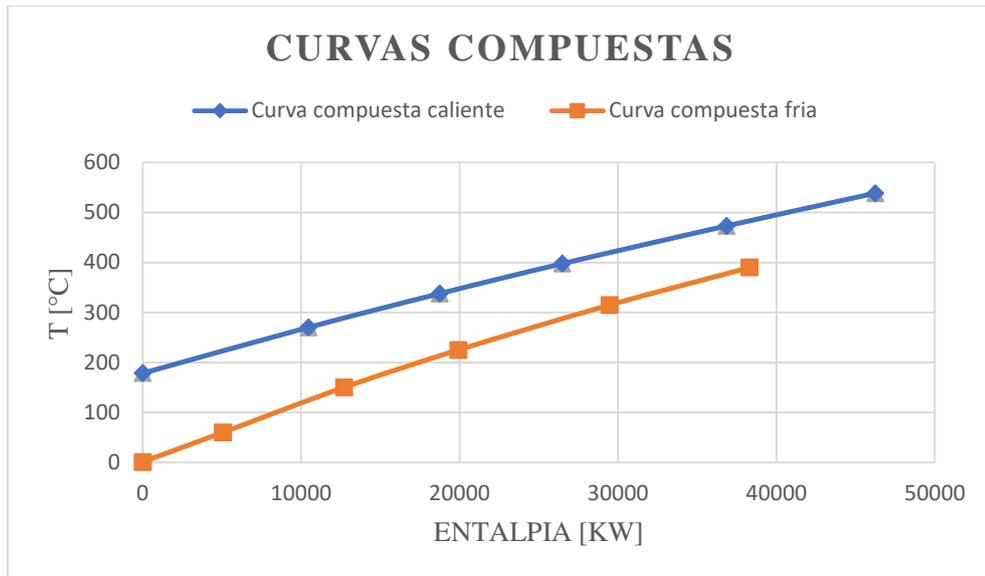


Gráfico 31. Curvas compuestas

- Para realizar el gráfico de la curva compuesta ajustada (gráfico 32), se tuvo en cuenta el servicio auxiliar de enfriamiento (tabla 58).

Tabla 66. Curva compuesta fría ajustada

Curva compuesta fría ajustada						
T [°C]	0,76	60	150	225	315	390
ΔH [kW]	7.936,4	13.008,2	20.645,6	27.856,9	37.405,9	46.242,4

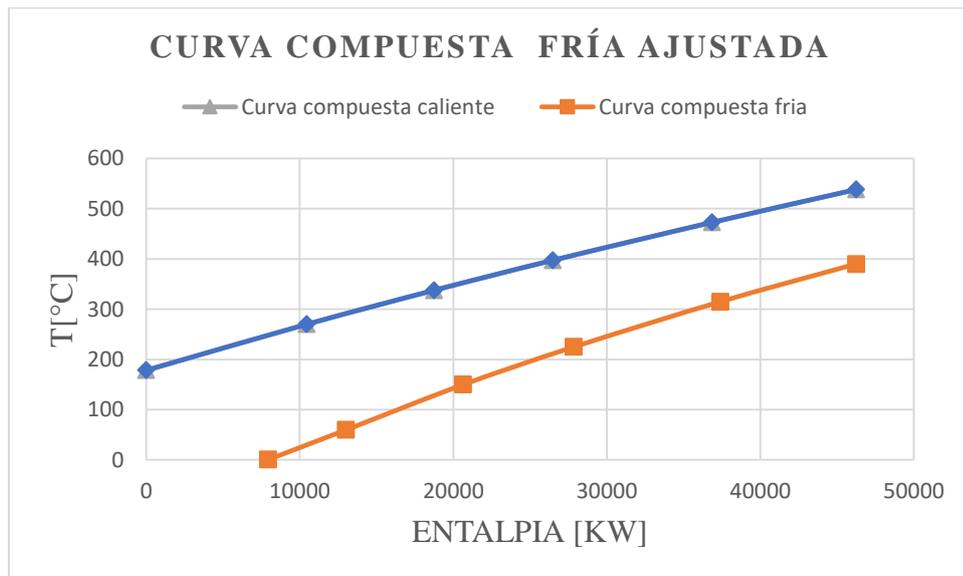


Gráfico 32. Curva compuesta fría ajustada

- Gran curva compuesta ([gráfico 33](#))

Tabla 67. Gran curva compuesta

T ajustadas [°C]	Q ajustado [kW]
533,3	0
468	9.387,5
395	19.421,4
392,6	19.468,5
332,8	20.162,8
320	20.223,4
265,1	21.127,1
230	21.413,2
173,6	22.434
155	20.645,6
65	13.008,2
5,8	7.936,4

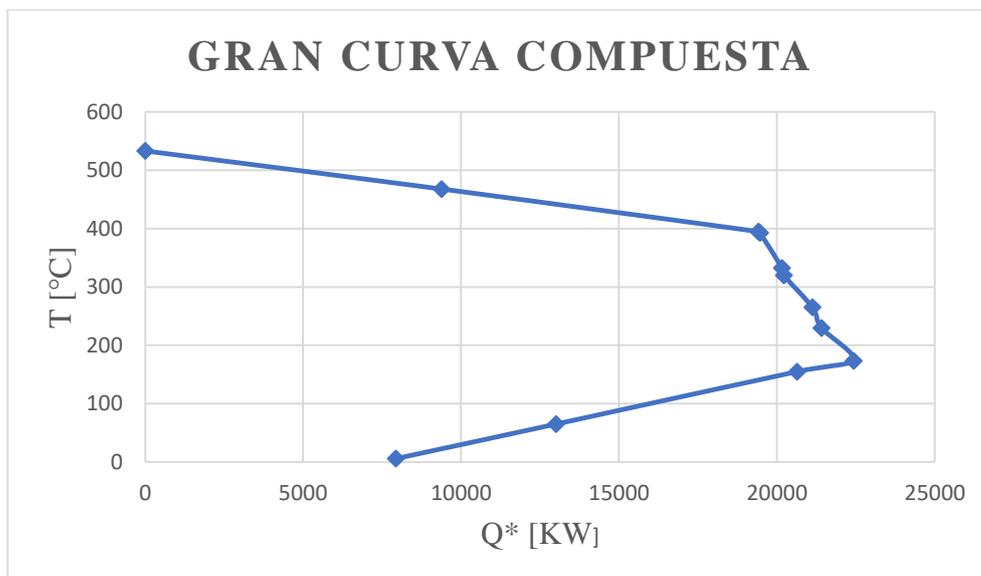


Gráfico 33. Gran curva compuesta.

Reglas de diseño para la red de intercambio arriba del punto pinch:

- Las temperaturas de las corrientes calientes siempre tienen que ser mayores a las temperaturas de las corrientes frías.
- Se debe respetar el ΔT_{\min} .
- El número de corrientes frías debe ser mayor o igual al número de corrientes calientes, de no ser así dividir una corriente fría.

- La capacidad calorífica de la corriente fría debe ser mayor o igual a la capacidad calorífica de la corriente caliente, de no ser así dividir una corriente caliente.

Cumpliendo estas reglas, la red de intercambio final que nos quedó en el A-100 se puede observar en el diagrama de flujo del [gráfico 8](#) o en el [gráfico 34](#), a continuación:

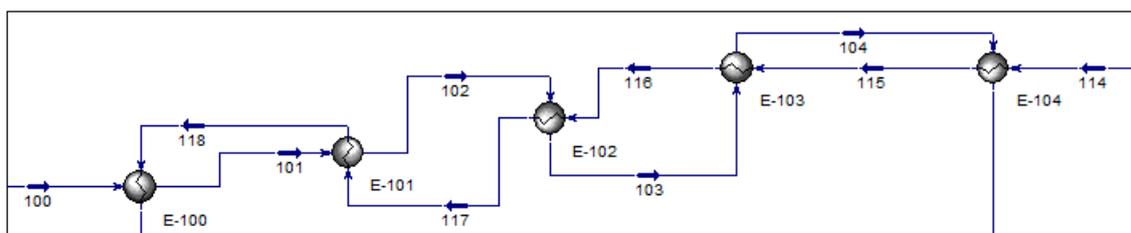


Gráfico 34. Red de intercambio de calor, hysys.

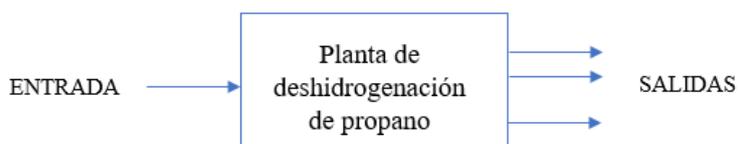
Para concluir, aplicando el análisis Pinch y ejecutando la red de intercambio, nos ahorramos 38.306,1 kW de requerimiento de servicios de calentamiento y reducimos el consumo de servicios auxiliares de enfriamiento desde 46.242,4 kW a 7.936,4 kW, siendo efectiva la aplicación.

5.5. FlowSheet:

A continuación se observa el flowsheet de la planta ([gráfico 35](#)) sobre la cual se baso el simulador para realizar todos los cálculos.

5.6. Balace de masa global:

En este caso, el sistema estará representado por un bloque, el cual está constituido por todas las operaciones físicas y químicas que se llevan a cabo en la planta. Y con flechas estarán indicadas las entradas (materias primas) y salidas (productos finales). Y por ende, el entorno será todo aquello que se encuentra fuera del proceso.



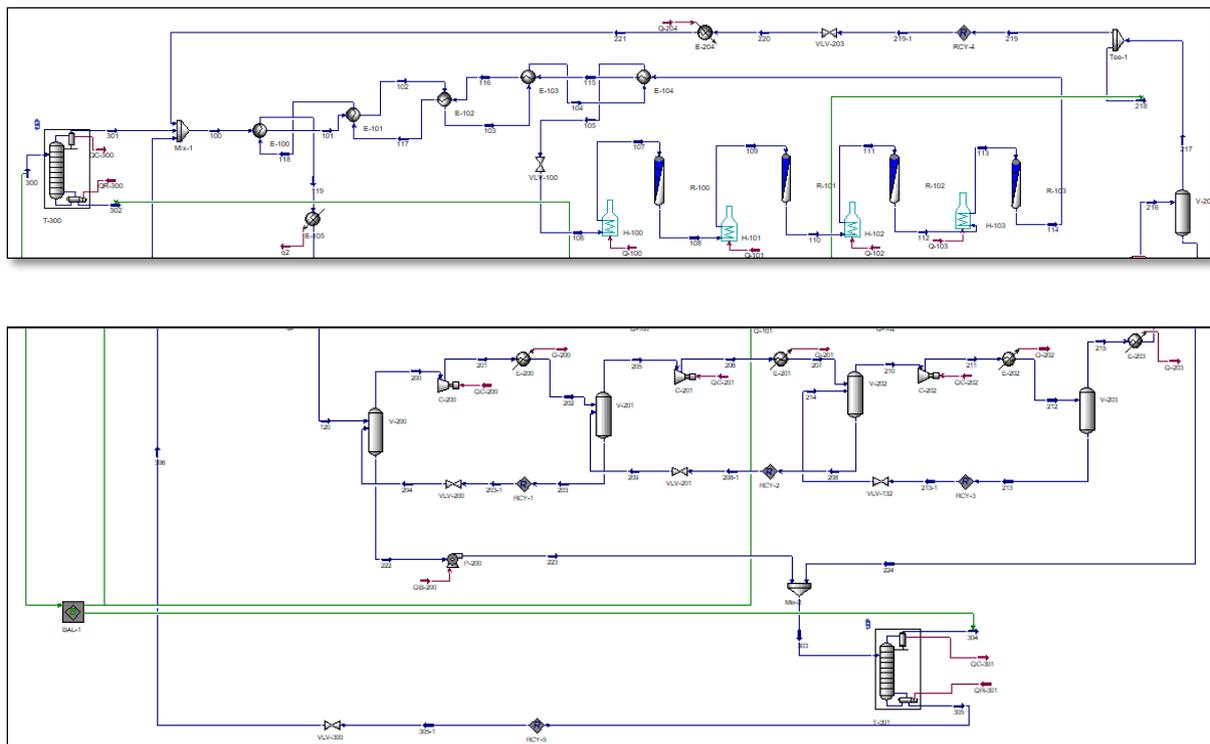


Gráfico 35. Flowsheet Deshidrogenación de Propano.

5.6.1. Balance de masa y energía global de la Deshidrogenación de Propano

Tabla 68. Balance de masa global

	Unidad	300	302	218	304
Fase		Líquido	Líquido	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	25	65,5	-40,4	17,2
Presión	kg/cm2	10,2	9,9	14,3	9,7
Flujo Másico	kg/h	53.912	764,6	6.850,6	46.296,8
Flujo Volumétrico	m3/h	106,7	1,3	38,2	89,9
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-119.972,9	-142.317,6	-7.099,5	3.098,7
Flujo de Calor	kJ/h	-146.909.800,1	-1.913.257,3	-7.859.351,6	3.447.489,3
Flujo Molar	Kg mol/h	1.224,5	13,4	1.107	1.113
Fracción Molar					
Propano		0,975	0,089	0,053	0,114
Hidrógeno		0	0	0,897	0,014
Propileno		0	0	0,045	0,860
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,015	0	0,004	0,012
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0,005	0,455	0	0
n-Butano		0,005	0,455	0	0

5.6.2. Balance de masa y energía por equipo y/o unidades:

En este caso, el sistema estará constituido por cada equipo de la planta y/o conjunto de equipos formando unidades. Se podrá observar la simulación correspondiente a cada uno de ellos y el balance de masa en sus respectivas tablas.

5.6.2.1. Columna debutanizadora T-300

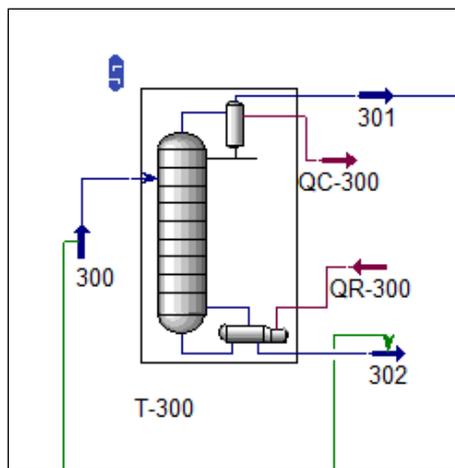


Gráfico 36. Columna debutanizadora T-300.

Tabla 69. Balance de masa T-300

	Unidad	300	301	302
Fase		Líquido	Vapor	Líquido
Temperatura	°C	25	24,4	65,5
Presión	kg/cm2	10,2	9,7	9,9
Flujo Másico	kg/h	53.912	53.147,4	764,6
Flujo Volumétrico	m3/h	106,7	105,4	1,3
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-119.972,9	-104.863,7	-142.317,6
Flujo de Calor	kJ/h	-146.909.800,1	-126.998.473,4	-1.913.257,3
Flujo Molar	Kg mol/h	1.224,53	1.211	13,44
Fracción Molar				
Propano		0,975	0,985	0,089
Hidrógeno		0	0	0
Propileno		0	0	0
Etileno		0	0	0
Etano		0,015	0,015	0
Metano		0	0	0
i-Butano		0,005	0	0,455
n-Butano		0,005	0	0,455

5.6.2.1. Tren de intercambio de calor:

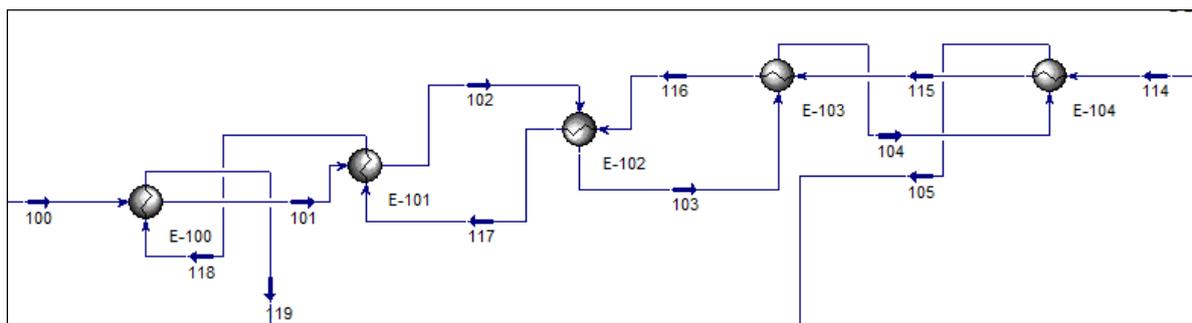


Gráfico 37. Tren de intercambio de calor, A-100.

Tabla 70. Balance de masa en tren de intercambio de calor

	Unidad	100	101	102	103
Fase		Mezcla	Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	0,8	60	150	225
Presión	kg/cm2	9,7	8,9	8,4	7,6
Flujo Másico	kg/h	135.802,2	135.802,2	135.802,2	135.802,2
Flujo Volumétrico	m3/h	305,6	305,6	305,6	305,6
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-73.508	-65.622	-59.238,4	-53.226,5
Flujo de Calor	kJ/h	-331.772.793	-296.179.687	-267.369.334	-240.234.681
Flujo Molar	Kg mol/h	4.513	4.513	4.513	4.513
Fracción Molar					
Propano		0,647	0,647	0,647	0,647
Hidrógeno		0,330	0,330	0,330	0,330
Propileno		0,017	0,017	0,017	0,017
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,005	0,005	0,005	0,005
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

Tabla 71. Balance de masa en tren de intercambio de calor

	Unidad	104	105	114	115
Fase		Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	315	390	538,3	473
Presión	kg/cm2	6,9	6,2	2,2	2,1
Flujo Másico	kg/h	135.802,2	135.802,2	135.801,8	135.801,8
Flujo Volumétrico	m3/h	305,6	305,6	328,3	328,3
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-45.209	-37.891,2	5.796,2	-185,4

	<i>Unidad</i>	104	105	114	115
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-204.048.244	-171.019.875	32.004.705,3	-1.023.664,3
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	4.513	4.513	5522	5.522
Fracción Molar					
Propano		0,647	0,647	0,346	0,346
Hidrógeno		0,330	0,330	0,453	0,453
Propileno		0,017	0,017	0,196	0,196
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,005	0,005	0,004	0,004
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

Tabla 72. Balance de masa en tren de intercambio de calor

	Unidad	116	117	118	119
Fase		Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	397,6	337,8	270,1	178,6
Presión	kg/cm2	1,9	1,8	1,64	1,5
Flujo Másico	kg/h	135.801,8	135.801,8	135.801,8	135.801,8
Flujo Volumétrico	m3/h	328,3	328,3	328,3	328,3
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-6.738,9	-11.653,2	-16.870,9	-23.317
Flujo de Calor	kJ/h	-37.210.101,5	-64.344.754	-93.155.107	-128.748.213
Flujo Molar	Kg mol/h	5.522	5.522	5.522	5.522
Fracción Molar					
Propano		0,346	0,346	0,346	0,346
Hidrógeno		0,453	0,453	0,453	0,453
Propileno		0,196	0,196	0,196	0,196
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,004	0,004	0,004	0,004
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

5.6.2.3. Reactores y hornos intermedios:

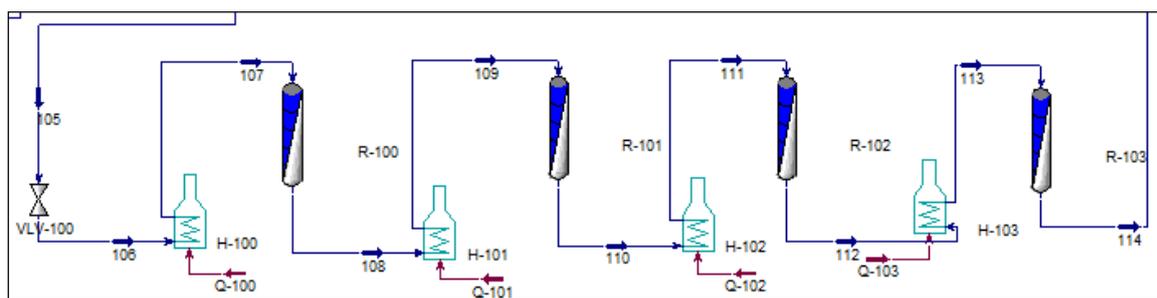


Gráfico 38. Reactores y hornos intermedios, A-100.

Tabla 73. Balance de masa en reactores y hornos intermedios

	Unidad	105	106	107	108
Fase		Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	390	389,8	600	538,2
Presión	kg/cm ²	6,2	4,6	4,2	4
Flujo Másico	kg/h	135.802,2	135.802,2	135.802,2	135.802,1
Flujo Volumétrico	m ³ /h	305,6	305,6	305,6	311,2
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-37.891,2	-37.891,2	-14.707,7	-13.934,7
Flujo de Calor	kJ/h	-171.019.875	-171.019.874,5	-66.382.475	-66.382.484,5
Flujo Molar	Kg mol/h	4.513	4.513	4.513	4.764
Fracción Molar					
Propano		0,647	0,647	0,647	0,561
Hidrógeno		0,330	0,330	0,330	0,365
Propileno		0,017	0,017	0,017	0,069
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,005	0,005	0,005	0,005
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

Tabla 74. Balance de masa en reactores y hornos intermedios

	Unidad	109	110	111	112
Fase		Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	600	539,3	600	535,60
Presión	kg/cm ²	3,6	3,4	2,9	2,8
Flujo Másico	kg/h	135.802,1	135.802	135.802	135.802
Flujo Volumétrico	m ³ /h	311,2	316,8	316,8	322,7
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-7.107,6	-6.758,6	-379,8	-360,9
Flujo de Calor	kJ/h	-33.859.482	-33.859.495,6	-190.2603,7	-1.902.603,9

	<i>Unidad</i>	109	110	111	112
Fase		Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	4.764	5.010	5.010	5.271
Fracción Molar					
Propano		0,561	0,484	0,484	0,411
Hidrógeno		0,365	0,397	0,397	0,426
Propileno		0,069	0,1143	0,114	0,158
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,005	0,005	0,005	0,005
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

Tabla 75. Balance de masa en reactores y hornos intermedios

	<i>Unidad</i>	113	114
Fase		Vapor	Vapor
Temperatura	°C	600	538,3
Presión	<i>kg/cm2</i>	2,4	2,2
Flujo Másico	<i>kg/h</i>	135.802	135.802
Flujo Volumétrico	<i>m3/h</i>	322,7	328,3
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	6.071,9	5.796,2
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	32.004.718,7	32.004.705,3
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	5.271	5.522
Fracción Molar			
Propano		0,411	0,346
Hidrógeno		0,426	0,453
Propileno		0,158	0,196
Etileno		0	0
Etano		0,005	0,004
Metano		0	0
i-Butano		0	0
n-Butano		0	0

5.6.2.4. Primera etapa de compresión:

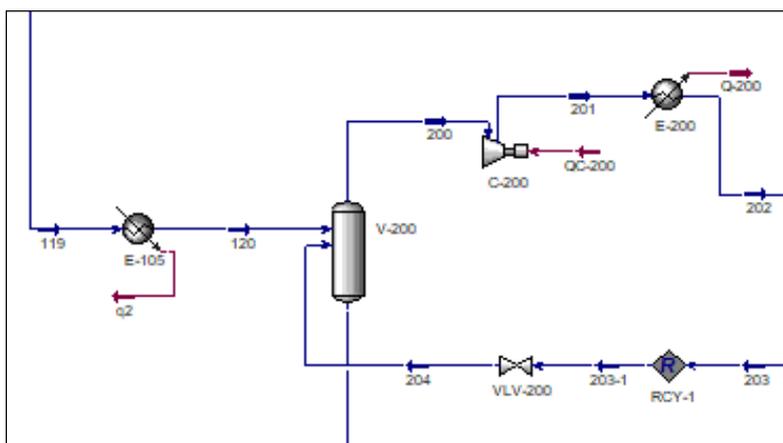


Gráfico 39. Primera etapa de compresión, A-200.

Tabla 76. Balance de masa en primera etapa de compresión

	Unidad	119	120	200
Fase		Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	°C	178,6	40	-54,75
Presión	kg/cm2	1,5	1,5	0,9
Flujo Másico	kg/h	135.801,8	135.801,8	207.978,7
Flujo Volumétrico	m3/h	328,3	328,3	469,7
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-23.317	-31.634,5	-44.258,9
Flujo de Calor	kJ/h	-128.748.213	-174.674.394,7	-317.936.618,6
Flujo Molar	Kg mol/h	5522	5.522	7.184
Fracción Molar				
Propano		0,346	0,346	0,426
Hidrógeno		0,453	0,453	0,348
Propileno		0,196	0,196	0,222
Etileno		0	0	0
Etano		0,004	0,004	0,004
Metano		0	0	0
i-Butano		0	0	0
n-Butano		0	0	0

Tabla 77. Balance de masa en primera etapa de compresión

	Unidad	201	202	203	204
Fase		Vapor	Vapor	Líquida	Mezcla
Temperatura	°C	15	5	-30,3	-36,2
Presión	kg/cm2	3,6	3,2	2,68	1,5
Flujo Másico	kg/h	207.978,7	207.978,7	117.351,3	117.344,8

	<i>Unidad</i>	201	202	203	204
Fase		Vapor	Vapor	Líquida	Mezcla
Flujo Volumétrico	<i>m3/h</i>	469,7	469,7	229,9	229,9
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	-40.830,1	-41.363,2	-88.896,1	-88.897,7
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-293.305.688	-297.135.092	-240.031.205	-240.021.943
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	7.184	7.184	2.700	2.700
Fracción Molar					
Propano		0,426	0,426	0,702	0,702
Hidrógeno		0,348	0,348	0,001	0,001
Propileno		0,222	0,222	0,296	0,296
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,004	0,004	0,001	0,001
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

5.6.2.5. Segunda etapa de compresión:

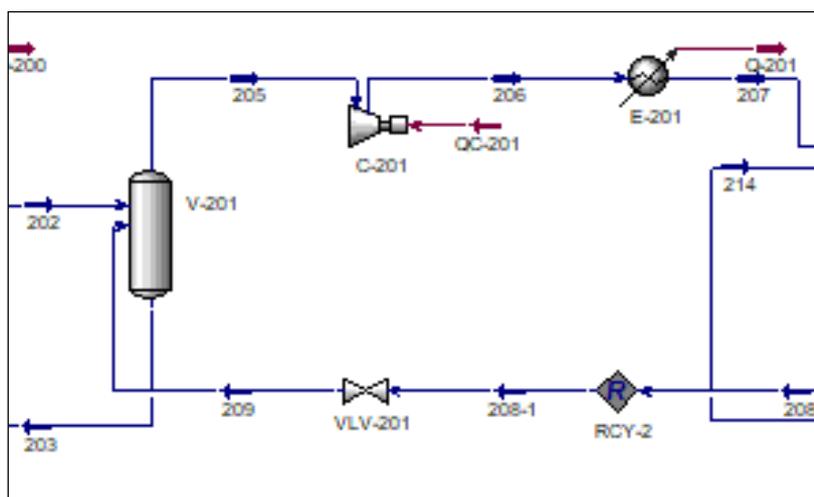


Gráfico 40. Tercera etapa de compresión, A-200.

Tabla 78. Balance de masa en segunda etapa de compresión

	<i>Unidad</i>	205	206
Fase		Vapor	Vapor
Temperatura	<i>°C</i>	-30,3	26,2
Presión	<i>kg/cm2</i>	2,7	7,5
Flujo Másico	<i>kg/h</i>	266.164,7	26.6164,7
Flujo Volumétrico	<i>m3/h</i>	583,6	583,6

	<i>Unidad</i>	205	206
Fase		Vapor	Vapor
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	-45.921,2	-43.041
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-391.837.775,3	-367.261.501,2
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	8.533	8.533
Fracción Molar			
Propano		0,456	0,456
Hidrógeno		0,294	0,294
Propileno		0,246	0,246
Etileno		0	0
Etano		0,004	0,004
Metano		0	0
i-Butano		0	0
n-Butano		0	0

Tabla 79. Balance de masa en segunda etapa de compresión

	<i>Unidad</i>	207	208	209
Fase		Vapor	Líquido	Mezcla
Temperatura	°C	15	-4,1	-16,4
Presión	<i>kg/cm2</i>	7,1	6,6	3,2
Flujo Másico	<i>kg/h</i>	266.164,7	175.424,9	175.537,3
Flujo Volumétrico	<i>m3/h</i>	583,6	343,6	343,8
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	-43.693,5	-82.666,1	-82.662,9
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-372.828.888,6	-334.533.673,7	-334.733.887,6
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	8.533	4.047	4.049
Fracción Molar				
Propano		0,456	0,673	0,673
Hidrógeno		0,294	0,002	0,002
Propileno		0,246	0,323	0,323
Etileno		0	0	0
Etano		0,004	0,002	0,002
Metano		0	0	0
i-Butano		0	0	0
n-Butano		0	0	0

5.6.2.6. Tercera etapa de compresión:

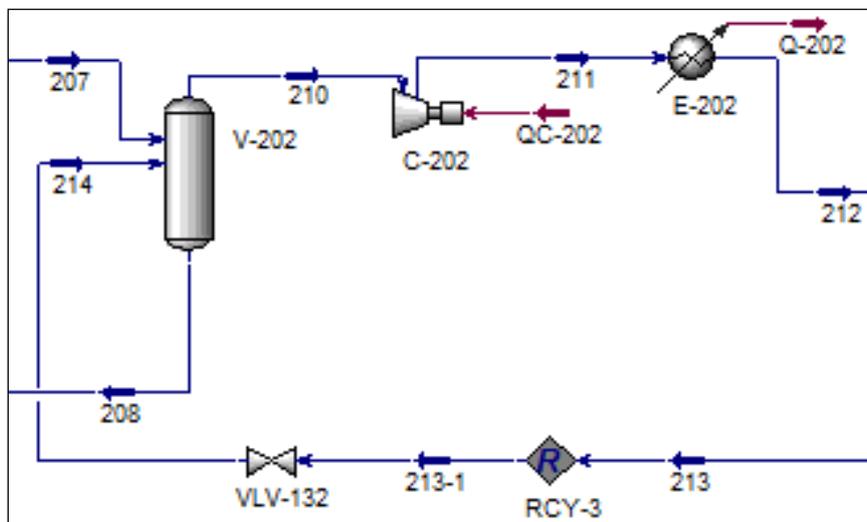


Gráfico 41. Tercera etapa de compresión, A-200.

Tabla 80. Balance de masa en tercera etapa de compresión

	Unidad	210	211
Fase		Vapor	Vapor
Temperatura	°C	-4,1	47,7
Presión	kg/cm ²	6,6	16,3
Flujo Másico	kg/h	302.799,6	302.799,6
Flujo Volumétrico	m ³ /h	656,1	656,1
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-44.412,9	-41.809,7
Flujo de Calor	kJ/h	-418.466.316,9	-393.938.332,6
Flujo Molar	Kg mol/h	9.422	9.422
Fracción Molar			
Propano		0,456	0,456
Hidrógeno		0,269	0,269
Propileno		0,269	0,269
Etileno		0	0
Etano		0,004	0,004
Metano		0	0
i-Butano		0	0
n-Butano		0	0

Tabla 81. Balance de masa en tercera etapa de compresión

	<i>Unidad</i>	212	213	214
Fase		Mezcla	Líquido	Vapor
Temperatura	°C	5	4,1	0,5
Presión	kg/cm²	15,9	15,3	7,1
Flujo Másico	kg/h	302.799,6	212.051,3	212.059,7
Flujo Volumétrico	m³/h	656,1	416,1	416,1
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-52.391,3	-77.019	-77.017,6
Flujo de Calor	kJ/h	-493.639.598,4	-380.169.154,8	-380.171.101,9
Flujo Molar	Kg mol/h	9.422	4.936	4.936
Fracción Molar				
Propano		0,456	0,634	0,634
Hidrógeno		0,269	0,009	0,009
Propileno		0,269	0,353	0,353
Etileno		0	0	0
Etano		0,004	0,003	0,003
Metano		0	0	0
i-Butano		0	0	0
n-Butano		0	0	0

5.6.2.7. Etapa de criogenización:

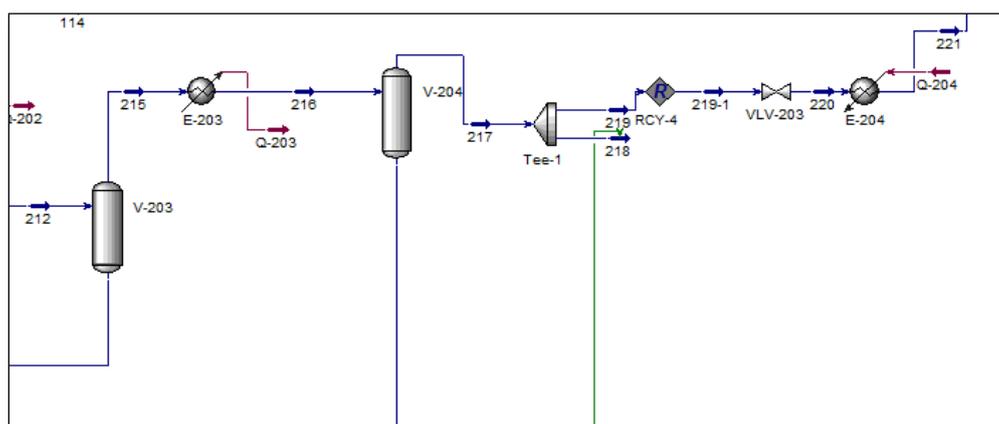


Gráfico 42. Etapa de criogenización, A-200.

Tabla 82. Balance de masa en etapa de criogenización

	<i>Unidad</i>	215	216	217
Fase		Vapor	Mezcla	Vapor
Temperatura	°C	4,1	-40	-40,4
Presión	<i>kg/cm2</i>	15,3	14,9	14,3
Flujo Másico	<i>kg/h</i>	90.748,3	90.748,3	17.126,6
Flujo Volumétrico	<i>m3/h</i>	240,1	240,1	95,6
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	-25.293,25	-33.840,3	-7.099,5
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-113.470.443,6	-151.814.130,2	-19.648.378,9
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	4.486	4.486	2.768
Fracción Molar				
Propano		0,261	0,261	0,053
Hidrógeno		0,557	0,557	0,897
Propileno		0,177	0,177	0,045
Etileno		0	0	0
Etano		0,005	0,005	0,004
Metano		0	0	0
i-Butano		0	0	0
n-Butano		0	0	0

Tabla 83. Balance de masa en etapa de criogenización

	<i>Unidad</i>	218	219	220	221
Fase		Vapor	Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	C	-40,4	-40,4	-41	10
Presión	<i>kg/cm2</i>	14,3	14,3	10,1	9,7
Flujo Másico	<i>kg/h</i>	6.850,6	10.275,9	10.274	10.274
Flujo Volumétrico	<i>m3/h</i>	38,2	57,3	57,3	57,3
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	-7.099,5	-7.099,5	-7.089,1	-5.452,7
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-7.859.351,6	-11.789.027,4	-11.774.624,1	-9.056.650,3
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	1.107	1.661	1.661	1.661
Fracción Molar					
Propano		0,053	0,053	0,053	0,053
Hidrógeno		0,897	0,897	0,897	0,897
Propileno		0,045	0,045	0,045	0,045
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,004	0,004	0,004	0,004
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0	0
n-Butano		0	0	0	0

5.6.2.8. Columna depropanizadora T-301:

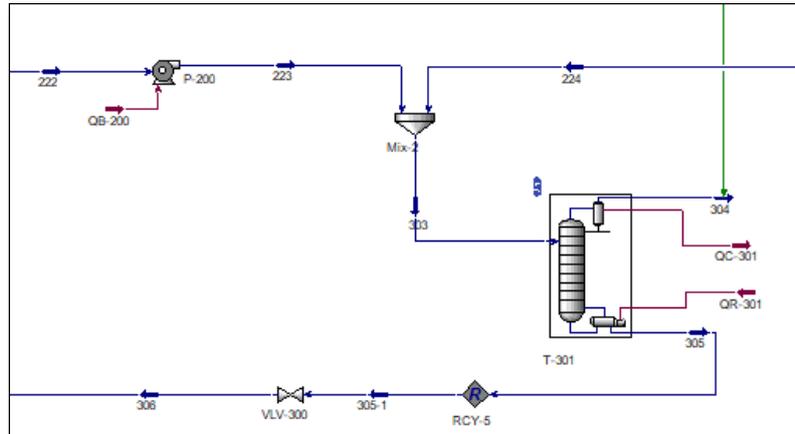


Gráfico 43. Columna depropanizadora T-301.

Tabla 84. Balance de masa en T-301

	Unidad	222	223	224
Fase		Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	-54,7	-53,9	-40,4
Presión	kg/cm ²	0,9	14,3	14,3
Flujo Másico	kg/h	45.167,9	45167,9	73.621,7
Flujo Volumétrico	m ³ /h	88,5	88,5	144,5
Entalpía Molar	kJ/kg mol	-93.213,4	-93.087,7	-76.902,5
Flujo de Calor	kJ/h	-96.759.718,8	-96.629.273,7	-132.165.751,2
Flujo Molar	Kg mol/h	1.038	1.038	1.719
Fracción Molar				
Propano		0,718	0,718	0,594
Hidrógeno		0,0002	0,0002	0,009
Propileno		0,280	0,280	0,389
Etileno		0	0	0
Etano		0,001	0,001	0,007
Metano		0	0	0
i-Butano		0,0001	0,0001	0
n-Butano		0	0	0

Tabla 85. Balance de masa en T-301

	<i>Unidad</i>	303	304	305	306
Fase		Líquido	Vapor	Líquido	Mezcla
Temperatura	°C	-45,5	17,2	30,7	24,9
Presión	<i>kg/cm²</i>	14,3	9,7	11,2	9,7
Flujo Másico	<i>kg/h</i>	118.789,6	46.296,8	72.388,9	72.380,8
Flujo Volumétrico	<i>m³/h</i>	233	89,9	142,9	142,9
Entalpía Molar	<i>kJ/kg mol</i>	-82.997,2	3.098,7	-119.237,1	-119.237,1
Flujo de Calor	<i>kJ/h</i>	-228.795.024,9	3.447.489,3	-195.739.815,7	-195.717.669,4
Flujo Molar	<i>Kg mol/h</i>	2.757	1.113	1.642	1.641
Fracción Molar					
Propano		0,641	0,114	0,999	0,999
Hidrógeno		0,006	0,014	0	0
Propileno		0,348	0,860	0,001	0,001
Etileno		0	0	0	0
Etano		0,005	0,012	0	0
Metano		0	0	0	0
i-Butano		0	0	0,0001	0,0001
n-Butano		0	0	0	0

5.7. Conclusión

Este estudio demuestra la importancia de realizar un balance exhaustivo de masa y energía, así como la elección adecuada de herramientas de simulación y tecnología de optimización para mejorar la eficiencia y reducir costos en los procesos industriales.

Mediante el software Aspen Hysys V10 se verificó que el paquete termodinámico Peng Robinson empleado mostró ser el adecuado para sistemas de hidrocarburos livianos.

Con la tecnología del Análisis Pinch se pudo optimizar la red de intercambio de calor, logrando una estructura con el mínimo requerimiento de servicios auxiliares y maximizando la recuperación de energía del proceso.

5.8. Bibliografía

ABSORCION-ENFRIAMIENTO ESIQIE. (10 de diciembre de 2020). *Análisis Pinch, tabla problema y curvas compuestas en Excel*. [Video] YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=F4U45LaNQaA&t=2727s>

ABSORCION-ENFRIAMIENTO ESIQIE. (16 de diciembre de 2020). *Diseño Básico de Procesos #3: “Diseño de RIT” Arriba del punto Pinch*. [Video] YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=K2fLnBPzsGM&t=1281s>

Iglesias, O. A., y Paniagua, C. N. (2014). *Elementos de diseño óptimo*. Editorial de la Universidad de La Plata.

Ingeniería Química desde cero!. (22 de marzo de 2020). *Análisis Pinch – Elaboración de curvas compuestas*. [Video] YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=Q5D81U_rwp0

Ingeniería Química desde cero!. (14 de abril de 2020). *Análisis Pinch – La tabla problema*. [Video] YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=m202EYUR-Ew>

Silva, C. (2020). [Material de clase]. Cátedra de Modelado y Simulación de Procesos, UTN Facultad Regional del Neuquén, Plaza Huinul.

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN – P&ID

6. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)

6.1. Resumen ejecutivo

El diagrama de Tuberías e Instrumentación, abreviado como P&ID por sus siglas en inglés (Piping and Instrumentation Diagram) representa la relación funcional de equipos, tuberías e instrumentos de medida y de control de un proceso industrial.

Se compone de una serie de símbolos y terminologías que están estandarizadas según la norma ISA (International Society of Automation) S5.1, que es una sociedad internacional encargada del desarrollo de estándares relacionados con el mundo de la instrumentación, control y automatización en general.

Comúnmente, al realizar un plano de instrumentación, a cada instrumento se le asigna un símbolo que consiste en un círculo con un código alfanumérico denominado TAG NUMBER.

La norma recomienda utilizar ciertas clases de líneas que representen el flujo de proceso y señales de instrumentos. Además están definidos diferentes símbolos para válvulas, actuadores, entre otros.

6.2. Definiciones

- Alarma: es un dispositivo o función que señala la existencia de una condición anormal por medio de un cambio discreto audible o visible, o ambos, con la intención de llamar la atención. Es un tipo de instrumento “ciego”, no tiene indicación visible de la variable.
- Controlador: es un dispositivo que tiene una salida que varía para regular una variable de control de una manera específica. Puede ser un instrumento analógico o digital autónomo. Un controlador automático varía su salida automáticamente en respuesta a una entrada directa o indirecta de una variable de proceso medida. Un controlador manual es una estación de carga manual, su salida no depende de una variable de proceso medida.
- Válvula de control: es un dispositivo que puede ser accionada manualmente o auto accionado y que manipula directamente el flujo de una o más corrientes de proceso.
- Convertidor: es un dispositivo que recibe información de determinada manera de un instrumento y transmite una señal de salida en otra forma. Por ejemplo, convertir una señal eléctrica a una señal neumática para ser enviada al instrumento controlador.
- Sensor: es la parte de un lazo o instrumento que primero detecta el valor de una variable de proceso, y que asume un estado o salida correspondiente.
- Transmisor: es un dispositivo que detecta una variable de proceso a través de un sensor y la transmite a distancia en forma de señal neumática o electrónica.

6.3. Nomenclatura de los instrumentos

Cada instrumento o función debe ser identificado por un código alfanumérico o número de identificación, como se muestra en el [gráfico 44](#).

La primera letra representa la variable medida, mientras que la segunda letra indica la funcionalidad del instrumento.

En la [tabla 86](#) se presentan las variables medidas y su letra representativa, mientras que en la [tabla 87](#) se muestran las funcionalidades de cada instrumento.

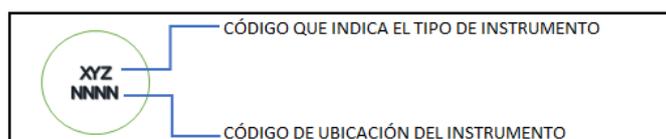


Gráfico 44. Nomenclatura de instrumentos.

Tabla 86. Variable medida

X	
Variable medida	Significado
A	Análisis
C	Conductividad
D	Densidad
E	Voltaje
F	Flujo
I	Corriente
J	Potencia
K	Tiempo
L	Nivel
M	Humedad
N	Vibración
O	Torque
P	Presión, Vacío
Q	Cantidad
R	Radiación
S	Velocidad, frecuencia
T	Temperatura
V	Vibración, viscosidad
W	Peso, fuerza
X	Oxígeno
Z	Posición

Tabla 87. Funcionalidad del instrumento

YZ	
IT	Transmisor indicador
IC	Controlador indicador
I	Indicador, interlock
CV	Válvula de control o válvula reguladora
T	Transmisor
Y	Relé
SV	Válvula de seguridad

6.4. Símbolos de instrumentación

La simbología representada en la [tabla 88](#) es utilizada para representar en el P&ID los diferentes “tipos” de instrumentos.

6.5. Simbología de líneas

Se dejan representadas en la [tabla 90](#) las líneas utilizadas en el P&ID, todas ellas con sus respectivos colores y funciones.

Tabla 88. Simbología según el tipo de instrumentación

Significado	Símbolo
Instrumento discreto	
Control compartido	
Función de computadora	
Control lógico programable	

Tabla 89. Simbología según la ubicación de la instrumentación

Significado	Símbolo
Montado en campo o localmente	
Montado en el panel principal, accesible al operador	
Montado detrás del panel o consola de instrumentos, no accesible al operador	
Montado en tablero o panel de instrumentos auxiliar	
Montado en panel auxiliar, no accesible al operador	

Tabla 90. Representación de líneas

Identificación	Línea
Eléctrica	-----
Neumática	====
Conexión de proceso	_____
Gas natural	_____
Agua de enfriamiento	_____
Vapor de baja presión	_____

6.6. Codificación de líneas

En el desarrollo del P&ID, se utilizó la codificación que se muestra en el [gráfico 45](#) para poder nombrar todas las líneas de proceso.

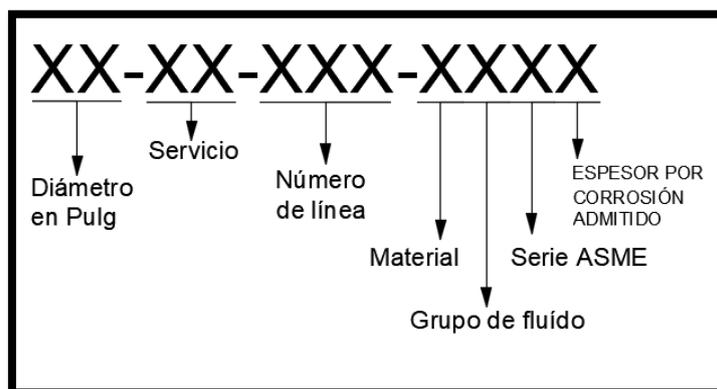


Gráfico 45 - Codificación de líneas.

A partir del servicio con el que se estaba trabajando, las condiciones de presión y temperatura de diseño se determinaron el material, la serie ASME y el espesor por corrosión admitido.

En el caso de la elección del material de construcción de las cañerías, se utilizó acero al carbono del tipo ASTM A105 en la gran mayoría de las líneas, exceptuando aquellas donde teníamos temperaturas criogénicas o muy elevadas, condiciones que pudiesen provocar a futuro problemas de corrosión, creep, fisuración, etc. En el primer caso se utilizó acero al carbono ASTM A333 Gr 1 que se puede aplicar en servicios criogénicos y, en el segundo caso se trabajó con aceros inoxidables ASTM A316. Estos últimos si bien son más costosos ahorraríamos en el mantenimiento de las tuberías ante posibles fisuras y/o fugas accidentales.

Teniendo en cuenta la presión y temperatura de trabajo, según ASME B16.34, se definió la serie o clase de la cañería.

El dimensionamiento de las cañerías fue obtenido a partir del Software Hysys V9, tomando como referencia velocidades recomendadas de fuentes de YPF, teniendo como fuente base ASME B31.1 y ASME B31.3, según sea un fluido líquido, gaseoso o mezcla, se propone una caída de presión en la cañería y se determina el diámetro comercial en pulg.

Al diámetro obtenido se le suele sumar un espesor adicional por corrosión, en nuestro caso de 3,2 mm, para evitar futuras pinchaduras por corrosión, aumentos en las pérdidas de carga, aumentos en la capacidad, como medida de seguridad.

6.7.1. Especificaciones y codificaciones utilizadas en líneas:

Tabla 91. Codificación según material

Material	Codificación
Acero al carbono, ASTM A-105	C
Acero al carbono, ASTM A-333 Gr 1	X
Acero inoxidable, ASTM A316	S

Tabla 92. Codificación según fluido

Servicio	Codificación
Propano	P
Propileno	Pr
Fluido de proceso (mezcla)	FP
Hidrógeno	H
Butano	B
Mezcla propano-propileno	PPr
Gas natural	GN
Gas combustible	GC
Agua de enfriamiento	AE
Agua cruda	AC
Aire	Ai
Vapores	V
Drenaje	Dr

Tabla 93. Codificación según grupo de fluido

Grupo de fluido	Codificación
Venteos a flare, drenajes presurizados, fuel gas, blanketing gas, fuel oil, diésel, oil, glicol, metanol, agua industrial, nitrógeno, agua de incendio, hidrocarburos.	A
Aire, agua potable.	C
Propano, hidrocarburos de baja temperatura.	K

Tabla 94. Codificación serie ASME

Serie ASME	Codificación
#150	1

Tabla 95. Codificación de sobre espesor por corrosión

Espesor por corrosión admitido	Codificación
3,2 mm	2

6.7. Válvulas

Se detalla en el [gráfico 46](#) la simbología de las válvulas utilizadas en el P&ID.

6.8. Simbología de equipos

La simbología de los equipos utilizados en el P&ID y su respectiva codificación se detalla en el [gráfico 47](#).

Simbolo	Nombre
	Válvula de compuerta
	Válvula de retención
	Válvula globo, normalmente cerrada
	Válvula de seguridad - PSV
	Válvula solenoide
	Válvula de alivio
	Válvula de control con actuador

Gráfico 46 - Simbología de válvulas.

SIMBOLOGÍA	EQUIPO	CODIFICACIÓN
	FILTRO	F
	COMPRESOR	C
	BOMBA	P
	INTERCAMBIADOR DE CALOR	E
	REBOILER	E
	HORNO	H
	SEPARADOR/DEPURADOR	V
	COLUMNA DE DESTILACIÓN/RECUPERACIÓN	T

Gráfico 47 - Simbología y codificación de equipos.

6.9. Filosofía de control

A continuación se describe brevemente la instrumentación utilizada y la función de cada uno de ellos de forma genérica para cada equipo.

- Nota-1: Las entradas y salidas de todos los equipos tienen bridas y válvulas de bloqueo que permitirán sacar al equipo o a la línea de servicio en caso que sea necesario.
- Nota-2: Los bypass de las válvulas de control automáticas están formados por dos válvulas, esto es así ya que cuando se quiere intervenir una línea, al maniobrar la válvula reguladora manual puede presentarse alguna fuga o ésta misma válvula puede tener algún desgaste en su integridad mecánica permitiendo el pasaje de flujo, como medida de seguridad y para poder intervenir las líneas de bypass se utiliza la segunda válvula que es de bloqueo o de cierre hermético que asegura que no haya pasaje de fluido.

6.10.1. Re boiler

En estos activos conectados con el fondo de las torres, se instalan transmisores indicadores de nivel (LIT) montados en campo y conectados a las corrientes de salida del fondo de las columnas, tal como su nombre lo indica, transmiten la medida de nivel de líquido tomada mediante una señal eléctrica al controlador indicador de nivel (LIC) montado en el panel de control accesible al operador, este instrumento envía una señal neumática a la válvula de control de nivel (LCV), la cual tendrá una mayor o menor apertura para el pasaje de fluido a través de ella.

Además, el flujo de ingreso de fluido caliente estará regulado por la temperatura en el fondo de la torre mediante un TIT, el cual se conecta eléctricamente al controlador de temperatura que a su vez neumáticamente envía la señal a la válvula de control para permitir un mayor o menor pasaje de fluido caliente al sistema.

Ver instrumentación de re boiler Anexo I, Plano N°11 PID 1 y Plano N°16 PID 6.

6.10.2. Enfriadores

Transmisores indicadores de presión y de temperatura (TIT - PIT) se encuentran montados en campo y conectados a las corrientes de entrada y de salida del equipo.

Ver instrumentación de enfriadores en Anexo I, Plano N°11 PID 1, Plano N°12 PID 2, Plano N° 14 PID 4, Plano N°15 PID y Plano N°16 PID 6.

6.10.3. Tren de intercambio de calor

En los activos interferentes se instalarán en campo transmisores indicadores de presión y temperatura tanto al ingreso como a la salida para llevar un control del funcionamiento de los mismos.

Ver instrumentación de tren de intercambio de calor en Anexo I, Plano N°12 PID 2.

6.10.4. Hornos

Tanto a la entrada como a la salida de los hornos se instalan transmisores indicadores de temperatura y presión montados en campo y en sala de control.

Además para tener un perfil de temperatura de piel de tubos, se montan en campo y en sala de control transmisores indicadores de temperatura tanto en lado norte como en lado sur de los tubos.

Para llevar un control de la temperatura de los gases de la chimenea se emplazan transmisores indicadores de temperatura en campo y sala de control.

Y, como último control exhaustivo de temperatura, se colocan transmisores indicadores de temperatura en campo y sala de control en la ubicación intermedia entre la zona convectiva y radiante.

El control del tiraje del horno se mide en el tope de la zona radiante donde se encuentra el mínimo tiraje, colocando analizadores transmisores de presión de vacío.

Para monitoreo de porcentaje de oxígeno, se colocan en la zona del dámper analizadores e indicadores de oxígeno.

Se tiene un control en cascada en el cual un transmisor indicador de presión montado en campo y conectado a la corriente de entrada de gas natural, transmite la medida de presión tomada mediante una señal eléctrica al controlador indicador de presión (PIC) montado en el panel de control accesible al operador, este instrumento envía una señal neumática a la válvula de control de temperatura (PCV), que regula el flujo de gas según sea el caso. A su vez, este control esta demandado por la temperatura de la corriente de proceso a la salida del horno, al controlador indicador de temperatura se anexa alarmas de alta y baja que alertarán al operador de consola ante alguna anomalía que requiera atención.

Entonces, por ejemplo, si la temperatura se encuentra por debajo de la requerida la válvula de control recibe la señal neumática permitiendo el pasaje de flujo de gas natural para que haya una mayor combustión y por ende mayor llama o puede ser el caso que la temperatura

sea tal que de indicio que el horno se apagó o que no hay presión de gas natural entonces la alarma dará aviso a los operadores de campo para que se maniobre adecuadamente y la inyección de gas se cortará al cerrar la válvula. Otro caso es que la temperatura alcance un máximo permisible previamente estipulado y la alarma dará aviso a los operadores de campo para que se cierre parcialmente la válvula de control y controlar el flujo de GN.

Ver instrumentación de hornos en Anexo I, Plano N°13 PID 3.

6.10.5. Filtros

Todos los filtros tendrán transmisores indicadores de presión montados en campo y conectados a las corrientes de entrada y de salida para lograr identificar si existe taponamiento de los mismos mediante una sobrepresión en el equipo.

Ver instrumentación de filtros en Anexo I, Plano N° 11 PID 1, Plano N° 14 PID 4, Plano N°16 PID 6 y Plano N°17 PID 7.

6.10.6. Compresores

Todos los compresores tendrán transmisores indicadores de presión montados en campo y conectados a las corrientes de entrada y de salida para llevar un control de la presión en el equipo.

A su vez en las corrientes de salida se conectan válvulas de retención y de bloqueo para evitar que el flujo vuelva ante una falla aguas arriba del compresor y se dañe el equipo.

El transmisor indicador de presión montado en campo a la salida del compresor, transmite la medida de presión tomada mediante una señal eléctrica al controlador indicador de presión (PIC) montado en el panel de control accesible al operador, este instrumento envía una señal neumática a la válvula de control de presión (PCV), que es del tipo on-off, y que se encuentra seteada a una determinada presión, en caso que esta variable se encuentre por encima de la presión de seteo debido a alguna falla aguas arriba del equipo, entonces la PCV abre y descarga a la atmósfera (en el caso que sea aire) o a antorcha (si se trabaja con fluidos combustibles y no tóxicos).

Además, se tiene una regulación anti surge para evitar cavitación en los compresores, es decir que el ingreso al primer compresor no se quede nunca sin flujo de gas. Para esto, a la salida del último compresor se recircula a la entrada del primero, se coloca una válvula de regulación de presión para esto.

Por último, los motores de los compresores tienen un sistema de interlock (I) de seguridad que es un control lógico programable y un instrumento (YP) montado detrás del panel del control, este último reporta el estado de marcha del equipo, y lo primero que hace es actuar de manera automática según una especificación definida inicialmente. Entonces lo que se tiene es un pulmón luego del compresor que mantiene una presión y capacidad definida, si la presión disminuye se envía la señal de manera automática desde el interlock asociado al PIT de ese pulmón al interlock del motor del compresor poniendo en marcha el equipo así comprime el flujo a la presión necesaria.

Ver instrumentación de compresores en Anexo I, Plano N° 14 PID 4.

6.10.7. Bombas

Todas las bombas tendrán transmisores indicadores de presión montados en campo y conectados a las corrientes de entrada y de salida para llevar un control de la diferencia de presión en el equipo.

A su vez en las corrientes de impulsión se conectan válvulas de retención y de bloqueo para evitar, en el caso que la bomba se apague, que el flujo vuelva y genere que la bomba se dañe.

Ver instrumentación de bombas en Anexo I, Plano N° 11 PID 1, Plano N° 14 PID 4, Plano N° 16 PID 6 y Plano N° 17 PID 7.

- Nota-3: Tanto las bombas como los compresores tienen la particularidad de instalarse dobles, utilizándose uno como back up para aquellos casos en los que se le deba realizar mantenimiento preventivo al otro activo.

6.10.8. Reactores

Los reactores de lecho fluidizado tienen conectada en la zona superior una válvula de seguridad de presión que descarga a la antorcha para contrarrestar un aumento de presión que pueda provocar una ruptura ocasionando una eventual pérdida.

Además tanto a la entrada como a la salida se conectan transmisores indicadores de temperatura. En el ingreso al reactor se instalan transmisores indicadores de presión más un diferencial de presión, todos estos montados en campo para tener un control de las variables medidas.

Ver instrumentación de reactores en Anexo I, Plano N°13 PID 3.

6.10.9. Recipientes separadores:

Como medida de seguridad los recipientes tienen instaladas dobles válvulas de seguridad de presión (PSV) para utilizar una de ella como back up en caso que la otra se baje para calibración y/o mantenimiento y un disco de ruptura, todos estos elementos como protección ante una sobrepresión y en caso que ocurra que exista una descarga que es enviada a colector de antorcha.

- Nota 4: En debate con otros compañeros y teniendo experiencia práctica laboral, se define que a las PSV no se le colocan válvulas de bloqueo ni al ingreso ni a la salida, serán calibradas de forma estricta en cada paro de planta programado general (considerando que los fluidos de trabajo son limpios y en estado gaseoso); en caso que una de ellas sufra algún desvío se colocará una llave para evitar flujo por ella y se utilizará la back up.

Además, al equipo se le coloca un transmisor indicador de nivel (LIT) montado en campo para tener un control de la variable nombrada que a su vez se conecta eléctricamente con el controlador indicador de nivel LIC que envía una señal neumática a la válvula de control de descarga del recipiente para que esta abra o cierre según sea el caso.

Al LIC se anexan alarmas de alto y bajo nivel que adviertan a los operadores de consola ante una anomalía.

Ver instrumentación de recipientes en Anexo I, Plano N°14 PID 4 y Plano N°15 PID 5.

6.10.10. Columnas

En las torres tanto depropanizadora como debutanizadora se colocan PSV dobles y disco de ruptura en las cañerías de salida por el tope del equipo como protección ante una sobre presión en el activo. Se consideran las mismas condiciones que las descritas en la nota 4.

También se instalará en campo un transmisor indicador de nivel para llevar un control de esta variable.

La corriente de fondo de la columna será controlada con el nivel de líquido en el reboiler tal como se explica en el ítem 17.9.1.

El reflujo de la columna en el tope de la misma será controlado con la temperatura en esta zona mediante un transmisor indicador de temperatura ubicado en campo que envía una señal

eléctrica al controlador indicador de temperatura situado en sala de control, vinculado a alarmas de alta y baja, que advertirán al operador ante una anomalía. A este controlador se conecta el controlador indicador de flujo (control en cascada) que enviara una señal neumática a la válvula de control de flujo para que esta abra o cierre.

Ver instrumentación de columnas en Anexo I, Plano N°11 PID 1 y Plano N°16 PID 6.

6.10.11. Tanques

Como medida de seguridad a los tanques se les instala dobles válvulas de seguridad de presión (PSV) las cuales actúan cuando existe una sobrepresión en el interior del equipo.

Las válvulas de presión y vacío son válvulas consideradas de alivio que protegen contra sobrepresiones o implosiones (vacío) inferiores a 1,034 bar. Estas válvulas se diferencian de las de seguridad por ser mecánicamente diferentes y por trabajar a distintos rangos de presiones, lo cual impacta en la forma de actuar ante una sobrepresión o implosión.

Montados en el techo del tanque se encuentran transmisores indicadores de presión (PIT), de temperatura (TIT) y de nivel (LIT), a este último se le asocian alarmas de alto y bajo nivel de líquido.

A los motores de las bombas se le asigna un interlock (I) de seguridad que es un control lógico programable y un instrumento (YP) montado detrás del panel del control, este último reporta el estado de marcha de la bomba y lo primero que hace es actuar de manera automática según una especificación definida inicialmente. La lógica del interlock asociado al LIT es que cuando exista, por ejemplo, un bajo nivel de líquido en el tanque este envíe una señal al interlock de la bomba para evitar que succione al vacío y genere cavitación de la misma.

- Nota-5: Se colocan bombas dobles, dejando una como back up para cuando se le deba realizar mantenimiento preventivo a la otra.

En cambio, la relación entre el interlock de la válvula de control de ingreso y la del LIT es que cuando, por ejemplo, se esté por llenar el tanque se envíe una señal al interlock de la válvula para evitar el paso de más fluido.

Tanto el TK-400 como los TK-401 y TK-402 tienen la misma lógica de control.

Ver instrumentación de tanques en Anexo I, Plano N°17 PID 7.

6.10.12. Servicios Auxiliares

6.10.12.1. Generación de vapor

Antes de generar el vapor propiamente dicho se debe tratar para acondicionar el agua y que esta no genere daños en la caldera. El ingreso de agua cruda al TK-500 se controla mediante un LIC-500 que efectúa el cierre o apertura de la válvula en función del nivel del líquido obtenido por el LIT-500-A.

Todas las bombas utilizadas tienen idéntica instrumentación que la detallada en el punto [18.9.7 Bombas.](#)

En el desaireador se controla el nivel de ingreso de agua mediante el LIC-500-B para mantener un nivel óptimo y de esta manera capturar eficientemente el aire presente en el fluido y evitar la reentrada de aire al sistema una vez eliminado. Si no se controla el nivel puede producirse el fenómeno llamado de cavitación.

Si existiera una sobrepresión el equipo cuenta con una PSV que descarga a la atmósfera como medida de seguridad para evitar una ruptura y/o explosión.

Los controladores FIC-500-A y FIC-500-B controlan el ingreso de agua a los ablandadores y a la caldera respectivamente, teniendo en cuenta la información que reciben de los FIT-500-A y FIT-500-D.

La caldera cuenta con instrumentación necesaria para monitorear el nivel, la temperatura y la presión en el equipo (LIT-500-C, TIT-500-C y PIT-500-K). También, tanto a la entrada de agua como a la salida de vapor se monitorea el flujo, la presión y la temperatura.

A la salida de fuel gas se le monitorea el flujo FIT-500-B y al igual que los hornos se monitorea el porcentaje de oxígeno colocando en la zona de chimenea, analizadores e indicadores de oxígeno (AX-500 y AI-500).

El ingreso de gas natural es controlado de la misma forma que la descrita en el punto [18.9.4 Hornos.](#)

6.10.12.2. Sistema de refrigeración

La mayoría de los equipos que conforman el sistema de refrigeración son intercambiadores de calor y enfriadores, los cuales cuentan tanto al ingreso como al egreso con transmisores indicadores de presión y de temperatura para su monitoreo, como se explica en los puntos [18.9.2](#) y [18.9.3](#).

El único compresor del sistema C-500 presenta misma instrumentación que la indicada en el punto [18.9.6 Compresores](#).

6.10.12.3. Torres de enfriamiento

A las torres de enfriamiento se suman bombas de inyección de químicos (P-503-A/B/C) y de suministro de agua hacia el proceso (P-504-A/B/E/F), todas ellas tienen idéntica instrumentación que la detallada en el punto [18.9.7 Bombas](#).

El suministro de agua cruda de reposición proveniente del TK-500 se lo controla con el nivel de líquido en la pileta de recolección de líquidos O-500, el transmisor indicador de nivel LIT-503-A envía la señal neumática al controlador indicador LIC-503-A que según la señal abre o cierra la válvula de control LCV-503-A, a su vez al controlador se adicionan dos alarmas, una de alta y una de bajo nivel que cerrará o abrirá la LCV por defecto según sea el caso.

Al flujo de agua de retorno del proceso se le colocan transmisores indicadores de presión y de temperatura para su monitoreo.

Por último, los motores de las aspas de los ventiladores de las torres tienen una conexión eléctrica con una alarma de vibraciones, en caso que éstas sean muy altas inmediatamente se apaga el motor para su mantenimiento.

6.10.12.4. Sistema de antorcha

El agua drenada del recipiente V-504 KOD es impulsada por las bombas P-505-A/B hacia la planta de tratamiento de efluentes, la instrumentación es idéntica a la detallada en el punto [18.9.7 Bombas](#).

Además para el monitoreo de la presión y nivel del V-504 se instalan transmisores de nivel y de presión en el recipiente.

A todos los flujos de venteo del proceso se le colocan transmisores indicadores de presión para su monitoreo al igual que a la toma de aire ambiente.

Por último, se tiene un control en cascada en el cual un transmisor indicador de presión montado en campo y conectado a la corriente de entrada de gas natural, transmite la medida de presión tomada mediante una señal eléctrica al controlador indicador de presión (PIC) montado en el panel de control accesible al operador, al controlador indicador de presión se anexa alarmas de alta y baja que alertarán al operador de consola ante alguna anomalía que

requiera atención, el PIC envía una señal neumática a la válvula de control de temperatura (PCV), que regula el flujo de gas según sea el caso. A su vez, este control está demandado por la temperatura en el tope de la antorcha, al controlador indicador de temperatura se anexa alarmas de alta y baja que alertarán al operador de consola ante alguna anomalía que requiera atención.

6.10.12.5. Gas Natural

El separador V-505 está compuesto de dos partes, la superior es un filtro separador de posibles partículas sólidas contenidas en el gas natural y en la parte inferior tenemos el filtro separador de líquidos.

El filtro separador de partículas sólidas tendrá como método de seguridad la PSV-506 que actuará ante una sobrepresión de gas. Además se tendrá un transmisor indicador de presión y un transmisor indicador de temperatura como medidas de control del recipiente.

Como medida de control de la capacidad del filtro de partículas se tendrá un transmisor diferencial de presión y un indicador diferencial de presión que será controlado por los operadores de forma rutinaria para evidenciar el comportamiento del filtro, cuando este indique valores altos será el momento de cambio del filtro.

El filtro de separador de líquidos se controlará con un indicador de nivel que enviará la señal a la sala de control, contando además con alarmas de alto y bajo nivel. En función del valor medido dicha señal mandará a cerrar o abrir la válvula LCV-506-A, es decir por alto nivel mandará abrir y cuando alcanza el nivel bajo manda a cerrar.

Una vez filtrado el gas, se envía a la estación de medición. Que consta fundamentalmente de un tramo recto que contiene un medidor de caudal, un medidor de temperatura y un medidor de presión con un totalizador de caudal cuya señal es indicada en la sala de control, la estación de medición cuenta con una línea de bypass y doble bloqueo.

El caudal es medido a través del FE-506-A, valor que lo transmite el FIT-506-A y lo totaliza el FQIT-506-A. Además se cuenta con la compensación por presión y temperatura del valor medido a través de los siguientes instrumentos PIT-506-B y TIT-506-B respectivamente, quedando el valor registrado continuamente en la sala de control a través de los FQI-506.

El gas natural proviene del yacimiento a 40 kg/cm^2 aproximadamente y debe ingresar a planta a 2 kg/cm^2 , por lo cual tiene que pasar a través de la PV-506-A que es una válvula reguladora de control de presión que se encuentra seteada a la presión requerida, el indicador

de presión PIT-506-C enviará una señal neumática al controlador indicador de presión PIC-506-B que enviará a su vez la señal a la sala de control, contando además con alarmas de alta y baja presión. En función del valor medido dicha señal mandará a cerrar o abrir la válvula PV-506-A, es decir por presión alta mandará a cerrar y cuando alcanza baja presión manda a abrir.

Anterior a este lazo se encuentra la UV-506-A que es una válvula de alerta de seguridad, del tipo on-off, la misma actúa ante una emergencia previamente seteada, por ejemplo ante una baja presión de gas que llega del yacimiento, la válvula cerrará automáticamente.

6.11. Conclusión:

En este apartado se da una visión detallada de los principios y prácticas fundamentales en la instrumentación y control de procesos industriales. Se enfoca en la descripción de diferentes dispositivos de control, tales como alarmas, controladores, válvulas de control, convertidores, sensores y transmisores, explicando su funcionamiento y propósito.

La filosofía de control se centra en la funcionalidad de cada equipo, resaltando la importancia de la seguridad y la eficiencia en la intervención de líneas y equipos mediante válvulas de bloqueo y bypass.

En resumen, el documento proporciona una guía exhaustiva para entender y aplicar técnicas de control en entornos industriales, asegurando un manejo efectivo y seguro de los procesos.

6.12. **Bibliografía:**

ASTM A105 vs A106 – What’s the Difference. The Piping Mart Blog. (29 de agosto de 2023).

<https://blog.thepipingmart.com/metals/astm-a105-vs-a106-whats-the-difference/>

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PLANTAS INDUSTRIALES 2022. (16 de octubre de 2016). InstrumentaciónHoy. Recuperado el 14 de diciembre de 2023 de:

<https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2016/10/valvula-presion-vacio.html>

Norabuena, L. L. (s.f.). Simbología y Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID).

ACADEMIA. Recuperado de:

https://www.academia.edu/11637282/Simbolog%C3%ADa_yDiagramadeTuberiaselInstrumentaci%C3%B3n_Pand_ID

The American Society of Mechanical Engineers. (2017). *ASME Boiler and Pressure Vessel Code: Section II - Materials, Parte A: Ferrous Material Specifications (Beginning to SA-450)*. New York, NY: ASME.

The American Society of Mechanical Engineers. (2020). *Power Piping*. ASME B31.1-2020.

The American Society of Mechanical Engineers. (2020). *Process Piping*. ASME B31.3-2020.

The American Society of Mechanical Engineers. (2017). *Valves – Flanged, Threaded, and Welding End*. ASME B16.34-2017.

The Instrumentation, Systems, and Automation Society. (1992). *Instrumentation Symbols and Identification*. ANSI/ISA-5.1-1984 (R1992).

https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/ISA%20instrumentation_S_51-1985.pdf

LAYOUT

7. Lay Out de la planta

7.1. Resumen ejecutivo

El término Lay Out se refiere a la disposición espacial de los equipos y las vías de circulación dentro de la planta, y se fundamenta en criterios clave como la seguridad, la optimización de tiempos y la eficiencia operativa. En esta planta, se han diseñado caminos de accesos amplios y bien iluminados, lo que no solo facilita el mantenimiento, sino que también mejora la gestión de emergencias.

Se presenta una tabla que clasifica las interrelaciones entre los distintos equipos de la planta según la fuerza de la relación (muy fuerte, fuerte, promedio, débil). Además, se detallan las acciones necesarias para asegurar su correcta interacción y ubicación, garantizando así la eficiencia operativa.

Las distancias mínimas entre los equipos se determinan siguiendo las recomendaciones del Industrial Risk Insurers (IRI), con el objetivo de garantizar la seguridad y eficiencia. Se incluyen especificaciones para las distancias entre reactores, hornos, compresores, enfriadores y otros equipos clave.

Las vías de acceso están diseñadas para facilitar el mantenimiento, la carga y descarga, y el movimiento de camiones y equipos de mantenimiento. La planta cuenta con múltiples entradas y salidas de emergencia, y caminos internos bien iluminados, aptos para vehículos pesados, lo que asegura una operación segura y eficiente.

7.2. Objetivos

El capítulo se centra en la disposición y funcionamiento eficiente de una planta industrial, con varios objetivos claves. Primero, se establece la disposición espacial de los equipos y calles de circulación basándose en criterios de seguridad, optimización de tiempos y eficiencia, para minimizar riesgos y maximizar la productividad.

Otro objetivo es clasificar las interrelaciones entre los equipos según la fuerza de su relación (muy fuerte, fuerte, promedio, débil) y detallar las acciones necesarias para su correcta interacción y ubicación, facilitando una coordinación eficiente.

El tercer objetivo es determinar las distancias mínimas entre los equipos según las recomendaciones del Industrial Risk Insurers (IRI), garantizando separaciones adecuadas para prevenir incidentes y facilitar el acceso para mantenimiento y emergencias.

Diseñar las vías de acceso es fundamental para el mantenimiento, carga y descarga, y movimiento de camiones y equipos, con múltiples entradas y salidas de emergencia y caminos internos bien iluminados, mejorando la seguridad y optimizando la operación diaria.

Finalmente, la optimización operativa busca asegurar que la planta tenga caminos de acceso amplios y bien iluminados, facilitando el mantenimiento y gestión de emergencias, contribuyendo a una operación segura y eficiente, mejorando la productividad y asegurando un entorno de trabajo seguro.

7.3. Introducción

Este capítulo se destaca la relevancia de una disposición espacial estratégica de los equipos y las vías de circulación, fundamentada en principios de seguridad, eficiencia operativa y optimización del tiempo. Un Lay Out bien planificado no solo facilita el mantenimiento y la gestión de emergencias, sino que también contribuye a una operación continua y segura.

La planta está diseñada con caminos de acceso amplios y bien iluminados, que permiten el tránsito de vehículos pesados y la rápida respuesta en situaciones de emergencia. Se han previsto múltiples entradas y salidas de emergencia, asegurando la fluidez en las operaciones y la seguridad del personal.

Se incluye una tabla de interrelaciones que clasifica la fuerza de las conexiones entre los equipos, con categorías que van de muy fuerte a débil. Esta herramienta permite identificar las acciones necesarias para asegurar una correcta interacción y ubicación, maximizando así la

eficiencia y minimizando riesgos. Además, las distancias mínimas entre equipos siguen las directrices del IRI (Industrial Risk Insurers), cruciales para prevenir accidentes y mantener la integridad operativa.

7.4. Tabla de interrelaciones

Tabla 96. Interrelaciones entre equipos de la planta

Interrrelación		Tipo				Acción	
Entre	Tipo	Muy fuerte	Fuerte	Promedio	Débil		
Tanques	Todos	Seguridad	X				Distanciar tanques de todos los equipos y alrededores.
Antorcha	Todos	Seguridad	X				Máxima distancia con los demás equipos y salas, a sotavento de la dirección de los vientos predominantes
Separadores (V-XXX)	Compresores (C-XXX)	Proceso	X				Minima distancia para evitar que la corriente se condense antes de ingresar al compresor.
Compresores (C-XXX)	Enfriadores (E-XXX)	Proceso	X				Minima distancia para enfriar rapidamente la corriente.

Interrrelación			Tipo				Acción
Entre		Tipo	Muy fuerte	Fuerte	Promedio	Débil	
Bombas (P-XXX)	Columnas (T-XXX)	Conexión		X			Mínima distancia para cumplir con el ANPA requerido.
T-301 y T-300	Soporte	Estructura		X			Proveer medios externos para soportar la columna.
H-100 a H-103	Todos	Seguridad	X				Distanciar los hornos de todos los equipos y alrededores.
H-100 a H-103	Tanques	Seguridad	X				Distanciar los hornos de todos los tanques para evitar puntos calientes.
E-104	R-103	Conexion		X			Minima distancia entre items para aprovechar el calor proveniente de la corriente de este último reactor.

Interrrelación		Tipo				Acción	
Entre		Tipo	Muy fuerte	Fuerte	Promedio		Débil
R-100 a R-103	Todos	Seguridad	X				Distanciar los reactores de todos los equipos y alrededores.
V-200	P-200	Proceso	X				Minima distancia para asegurar que a la bomba ingrese fluido liquido.

Nota: Aranda. M. (s.f.). *Lay Out de Planta de Anhídrido Acético*. [Apunte de cátedra, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional del Neuquén].

7.5. Referencias para distancias mínimas del IRI

Tabla 97. Categorización de unidades como referencia para distancias mínimas.

Nomenclatura	Equipo	Referencia para distancias mínimas del IRI
R-100 a R-103	Reactores catalíticos de deshidrogenación (adiabático)	Unidades de proceso con riesgo moderado
H-100 a H-103	Hornos de precalentamiento	Unidades de proceso con riesgo alto
V-200 a V-204	Separadores	Unidades de proceso con riesgo moderado
C-200 a C-202	Compresores	Sala de compresores
E-105, E-200 a E-203	Enfriadores	Unidades de proceso con riesgo moderado
E-204	Calentador	Unidad de proceso con riesgo medio
E-100 a E-104	Intercambiadores de calor	Unidades de proceso con riesgo medio
P-200, P-300 a P-302	Bombas	Salas grandes de bombas

Nomenclatura	Equipo	Referencia para distancias mínimas del IRI
T-300 y T-301	Columnas debutanizadora y depropanizadora, respectivamente	Unidades de proceso con riesgo medio
TK-400, TK-401 y TK-402	Tanque de propano, propileno y butanos.	Tanques de almacenamiento a presión

Nota. Información obtenida de Textos Científicos. (n.d.). Medidas de prevención en el almacenaje de sustancias químicas. <https://www.textoscientificos.com/quimica/almacenaje/medidas-prevencion>

7.6. Distancias mínimas entre equipos obtenidos a partir de las recomendadas en IRI

Tabla 98. Distancia mínima entre equipos de la planta

Fuente: elaboración propia

Equipos	Distancia mínima (m)
R-xxx entre ellos	15,24
R-xxx y V-xxx	15,24
R-xxx y hornos	60,96
R-xxx y compresores	9,144
R-xxx y enfriadores	15,24
R-xxx y calentador	30,48
R-xxx e intercambiadores de calor	30,48
R-xxx y bombas	9,144
R-xxx y columnas	30,48
R-xxx y V-200	106,68
Hornos entre ellos	60,96
Hornos y separadores	60,96
Hornos y compresores	30,48
Hornos y enfriadores	60,96
Hornos y calentador	60,96
Horno e intercambiadores de calor	60,96
Horno y bombas	30,48
Hornos y columnas	60,96
Hornos y V-200	106,68

Equipos	Distancia mínima (m)
Separadores entre ellos	15,24
Separadores y compresores	9,144
Separadores y enfriadores	15,24
Separadores y calentador	30,48
Separadores e intercambiadores de calor	30,48
Separadores y bombas	9,144
Separadores y columnas	30,48
Compresores entre ellos	9,144
Compresores y enfriadores	9,144
Compresores y calentador	15,24
Compresores e intercambiadores de calor	15,24
Compresores y bombas	9,144
Compresores y columnas	15,24
Compresores y V-200	106,68
Enfriadores entre ellos	15,24
Enfriadores y calentador	30,48
Enfriadores e intercambiadores de calor	30,48
Enfriadores y bombas	9,144
Enfriadores y columnas	30,48
Enfriadores y V-200	106,68
Calentador e intercambiadores de calor	30,48
Calentador y bombas	15,24
Calentador y columnas	30,48
Calentador y V-200	106,68
Intercambiadores de calor y bombas	15,24
Intercambiadores de calor y columnas	30,48
Intercambiadores de calor y V-200	106,68
Bombas entre ellas	9,144

Equipos	Distancia mínima (m)
Bombas y columnas	15,24
Bombas y V-200	106,68
Columnas y V-200	106,68
Área de red contra incendios y tanques	30,48

7.7. Justificación de la distribución y vías de acceso para mantenimiento, carga y descarga, movimiento de camiones y equipos de mantenimiento.

Como la planta se ubica en un parque industrial, la misma cuenta con buenos caminos de acceso desde la ruta o caminos principales que aseguran el tránsito permanente. Es importante contar con varias entradas/salidas de emergencias alrededor del predio para facilitar el escape y lucha contra posibles incendios. Se contará con caminos internos para la circulación de vehículos de tal manera que puedan llegar a los distintos sectores ya sea para realizar un mantenimiento o combate de incendio; dichos caminos se encontrarán bien iluminados, perfectamente delimitados, aptos para el tránsito de vehículos pesados y tendrán un ancho mínimo de 10 m, además de que el radio de giro de sus curvas permitirá la fácil maniobra de los vehículos.

Las instalaciones de la planta que se encuentren adyacentes a la zona de circulación de automóviles se protegerán apropiadamente contra posibles choques. Además, es conveniente que las instalaciones sean distribuidas de tal forma que ante cualquier siniestro que ocurra en un equipo o grupo de ellos no afecte a otros, por lo que la disposición rectangular o de manzana proporciona grandes ventajas desde el punto de vista de la protección contra incendios actuando como excelentes cortafuegos.

Para evitar que los camiones que transportan las materias primas y los productos ingresen a la planta, lo cual resulta peligroso para las instalaciones, se realizó una locación exclusiva para el ingreso y egreso de los mismos, cabe aclarar que en la salida para estos se encuentra una báscula mediante la cual se controla la carga de salida de los camiones.

La ubicación de la antorcha debe encontrarse a un radio de 120 m de distancia de las demás zonas de operación y estar a sotavento de la dirección del viento predominante de la zona.

la carga y descarga de estos últimos y evitar accidentes futuros por fallas en algún equipo de mayor riesgo.

7.7. División de áreas dentro del Lay Out.

- ✓ Área 1000: oficinas, sala de control, comedor, laboratorio, almacén, portería y playa de estacionamiento.
- ✓ Área 100: tren de intercambio de calor y zona de reacción.
- ✓ Área 200: zona de enfriamiento, compresión y separación.
- ✓ Área 300: columnas de separación por destilación.
- ✓ Área 400: parque de tanques.
- ✓ Área 500: servicios auxiliares.
- ✓ Área 600: sistema de red contra incendios.
- ✓ Área 700: antorcha.
- ✓ Área 800: planta de tratamiento de efluentes.
- ✓ Área 900: terminal – despacho.

7.8. Esquema de Lay Out de la planta de Producción de Propileno

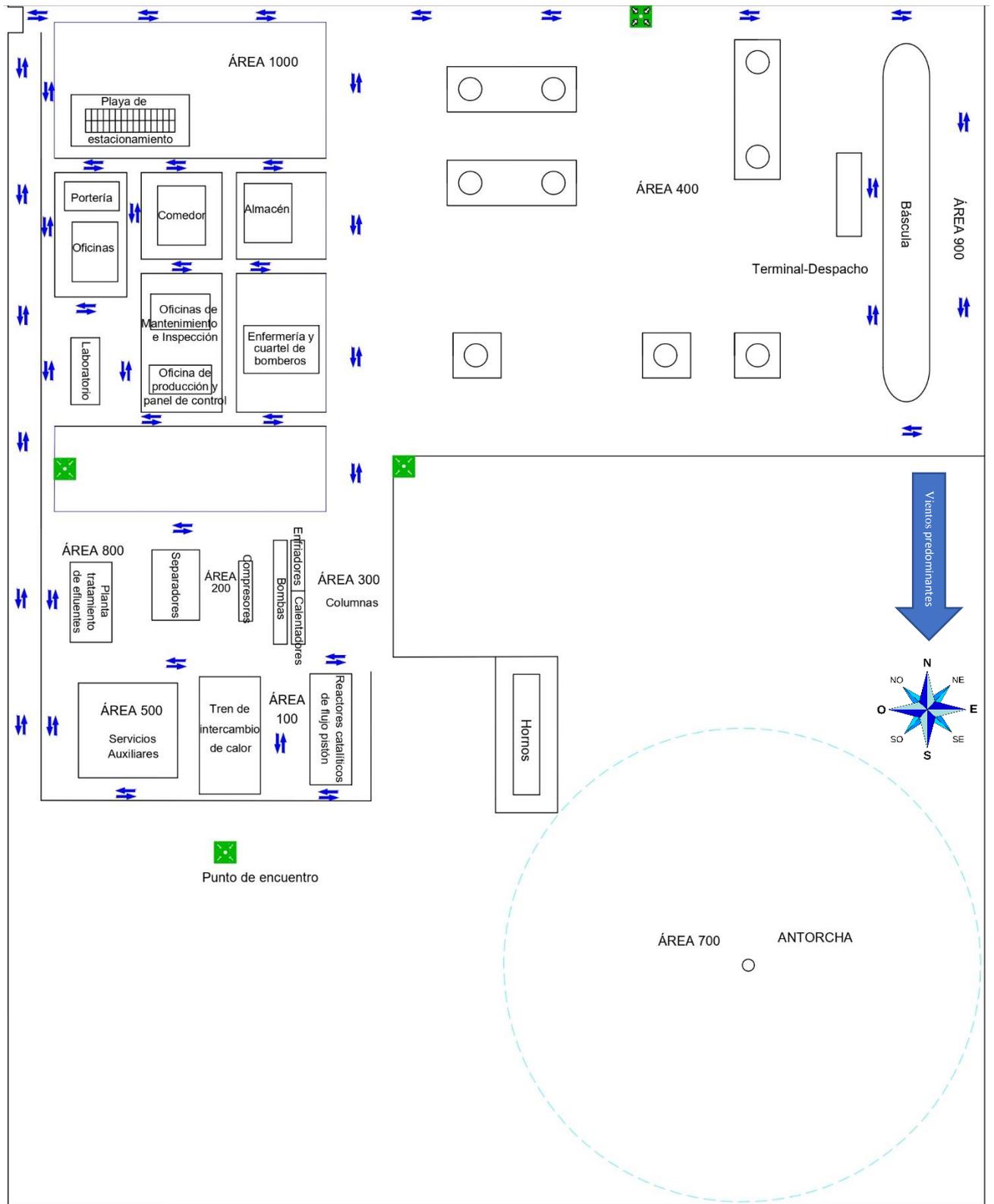


Gráfico 49. Lay Out de la planta de Producción de Propileno

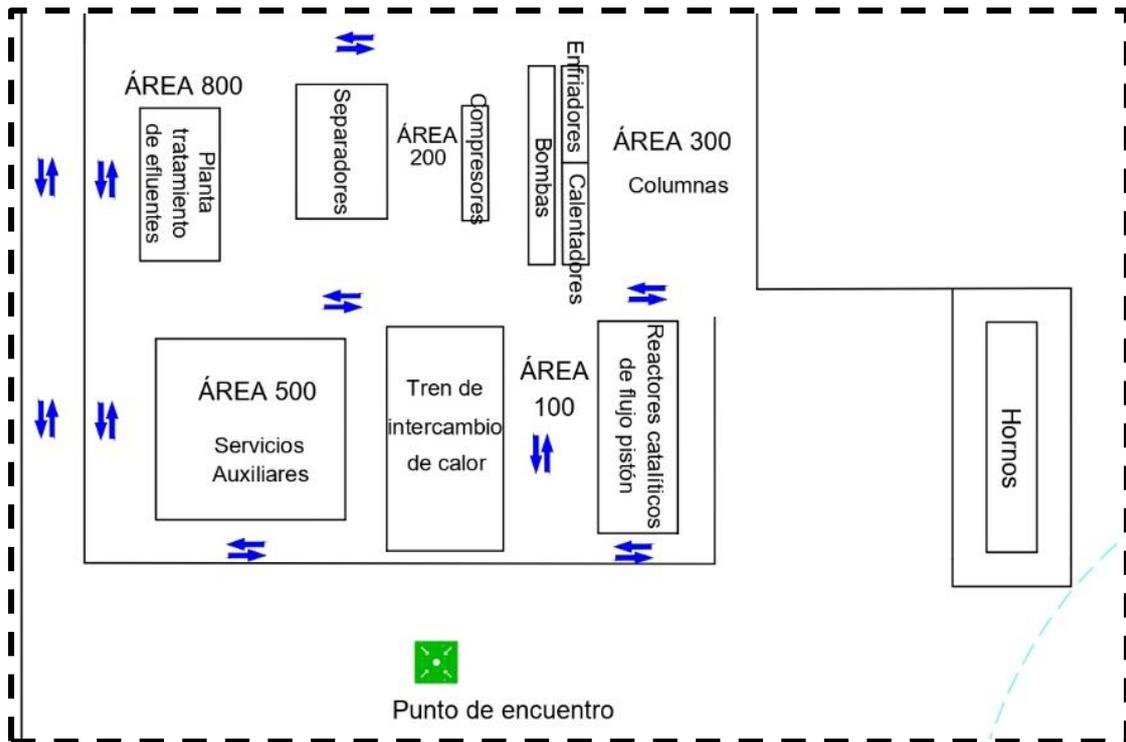


Gráfico 50. Ampliación del Lay Out de proceso de Producción de Propileno

7.11. Localización

La planta se ubicará en la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. En cercanías a las posibles plantas proveedoras de propano y próxima al puerto teniendo como beneficio la comercialización marítima.

En la siguiente imagen podemos observar la ubicación del predio, el cual posee un área de 153.832 m², aproximadamente.

El punto central del terreno tiene las siguientes coordenadas:

- Latitud 38°46'00" S
- Longitud 62°17'57" W



Gráfico 51. Localización de la planta en Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.

7.12. Conclusión

Este capítulo ha presentado una visión detallada de la disposición espacial de los equipos y las calles de circulación dentro de la planta de producción de propileno. El diseño se ha llevado a cabo con un enfoque en la optimización del espacio, la eficiencia de los procesos y la seguridad tanto del personal como del medio ambiente.

A través de una cuidadosa planificación, se han establecido las distancias mínimas entre los diversos equipos y se ha justificado la distribución para asegurar la integridad operativa y la facilidad de mantenimiento. La inclusión de vías de accesos adecuados para vehículos de emergencia y mantenimiento, así como la iluminación y señalización adecuadas, son aspectos fundamentales que garantizan la operatividad continua y segura de la planta.

7.13. **Bibliografía**

Aranda. M. (s.f.). *Lay Out de Planta de Anhídrido Acético*. [Apunte de cátedra, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional del Neuquén].

Moran, S. (2017). *Process plant layout* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

Textos Científicos. (n.d.). *Medidas de prevención en el almacenaje de sustancias químicas*.
<https://www.textoscientificos.com/quimica/almacenaje/medidas-prevencion>

SEGURIDAD

8. Seguridad de la planta

8.1. Resumen ejecutivo

El documento sobre seguridad en la planta de producción de propileno establece una serie de directrices y medidas esenciales para garantizar la seguridad integral de las instalaciones, el personal y el medio ambiente. El objetivo principal es asegurar el cumplimiento de las normativas legales, como la Ley N° 19.587 y el Decreto N° 10.877/1.960, que regulan la seguridad, higiene y prevención de incendios en plantas industriales.

Se enfatiza la importancia de implementar defensas activas y pasivas contra incendios. Esto incluye la instalación de sistemas de extinción de incendios con agua, extintores clasificados para diferentes tipos de fuego, y la adopción de medidas de distanciamiento entre equipos y estructuras para evitar la propagación del fuego. La protección contra descargas eléctricas y la adecuada ventilación en recintos cerrados son también prioritarias para prevenir la acumulación de gases peligrosos.

En cuanto a la seguridad e higiene laboral, el documento subraya la necesidad de diseñar y mantener las instalaciones conforme a estándares que protejan la salud y seguridad de los trabajadores. Se incluyen disposiciones para garantizar la correcta ubicación de las instalaciones, el buen estado de las herramientas y maquinarias, y la provisión de equipos de protección personal. Asimismo, se insiste en la formación y capacitación continua del personal en temas de seguridad y en la obligación de los empleadores de realizar exámenes médicos y garantizar un entorno laboral seguro.

El documento también aborda la importancia de la gestión de riesgos mediante la implementación de análisis HAZOP para identificar y mitigar peligros potenciales en los procesos operativos. Esto se complementa con la preparación y respuesta ante emergencias, mediante el desarrollo de planes de emergencia específicos que aseguren una reacción rápida y efectiva en caso de incidentes.

Finalmente, se destacan las medidas para la protección ambiental, que incluyen sistemas de manejo de efluentes y la prevención de la contaminación, garantizando la seguridad tanto del entorno como de los trabajadores. En conjunto, estas directrices buscan mantener la seguridad operativa y cumplir con las normativas aplicables, protegiendo la planta, el personal y el medio ambiente.

8.2. Objetivos

Los objetivos propuestos para este capítulo se describen a continuación.

Cumplimiento Normativo y Legal, se pretende que la planta cumpla con todas las leyes, decretos, y normativas aplicables en materia de seguridad, higiene, y prevención de incendios, incluyendo la Ley N° 19.587 y el Decreto N° 10.877/1.960.

Implementación de Medidas de Seguridad Activas y Pasivas, establecer sistemas de protección contra incendios, incluyendo sistemas de agua, extintores adecuados para diferentes clases de fuego, y servicios ignífugos. Definir y mantener zonas de seguridad dentro de la planta, asegurando la correcta separación y protección de las áreas críticas.

Seguridad e Higiene Laboral, asegurar el cumplimiento de las normativas de higiene y seguridad, proporcionando instalaciones seguras y equipos de protección adecuados. Realizar capacitación continua al personal en temas de higiene y seguridad, garantizando su bienestar físico y mental en el lugar de trabajo.

Análisis y Gestión de Riesgos (HAZOP), llevar a cabo evaluaciones de riesgos mediante análisis HAZOP para identificar y mitigar peligros potenciales en el diseño y operación de los procesos de la planta. Implementar medidas correctivas y preventivas basadas en los resultados del análisis de riesgos.

Preparación y Respuesta ante Emergencias, desarrollar y poner en práctica planes de emergencia específicos para cada área de la planta, asegurando una respuesta rápida y efectiva en caso de incidentes. Equipar la planta con los sistemas y dispositivos necesarios para la evacuación segura y el control de situaciones de emergencia.

Protección Ambiental y Manejo de Efluentes, implementar sistemas adecuados de manejo de efluentes y residuos para proteger el medio ambiente y prevenir problemas de salud.

Estos objetivos están diseñados para garantizar la seguridad operativa, la protección del personal, y el cumplimiento de todas las normativas aplicables en la planta.

8.3. Seguridad de la planta

Decreto N°10.877/1.960 la Secretaría de Energía y Combustibles eleva la Reglamentación de la Ley 13.660 relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos.

La Ley 13.660 ha sido proyectada como un conjunto de disposiciones tendientes a lograr, en primer término, la prevención del fuego y luego, su inmediato bloqueo para evitar su propagación a otras instalaciones y asegurar su total extinción.

En el Capítulo I se presenta una serie de definiciones, entre ellas la clasificación de fuegos: a los efectos de una adecuada elección del sistema extintor, se clasifican los fuegos en la siguiente forma:

- Clase A: Incendio en materiales combustibles comunes en los cuales la sofocación y enfriamiento es indispensable por la acción que se obtiene por el uso simple del agua.
- Clase B: Incendio de líquidos inflamables, grasas e hidrocarburos en general para el cual es esencial cubrir la superficie en combustión con un producto que actúe como un manto que la ahogue.
- Clase C: Incendio en equipos eléctricos donde el material extintor no debe ser conductor.

En el Capítulo II Artículo 201 la ley establece que para organizar la defensa contra incendios en la planta es necesario dividirla en tres zonas (Operación, Almacenamiento y Servicios Auxiliares) según el grado de peligrosidad el cual se considera decreciente.

8.3.1. ZONA I - OPERACIÓN

Área donde se encuentran todos aquellos equipos e instalaciones para lograr el proceso productivo.

8.3.1.1. DEFENSAS ACTIVAS

➤ Agua contra incendios:

Los artículos 202, 203 y 204 fueron descriptos en el [punto 4.7.1.4.](#)

➤ Servicios ignífugo especial:

Se deberá disponer de una reserva suficiente de productos generadores de espuma ignífuga, que alimenten mangueras especiales y aseguren el funcionamiento del sistema en su máxima capacidad, cubriendo las áreas de mayor riesgo, en un tiempo de al menos una hora.

El diseño general de la instalación debe garantizar que el intervalo entre la puesta en marcha y la llegada del producto ignífugo a la toma más lejana, no sobrepase los 7 minutos.

➤ Aparatos extintores de fuego

Se deberán ubicar extintores de incendio en cantidad, características y posiciones adecuadas para satisfacer las necesidades de la instalación. Es esencial que entre los extintores disponibles se incluyan aquellos adecuados para combatir fuegos de la Clase B y C.

8.3.1.2. DEFENSAS PASIVAS

➤ Distanciamiento entre equipos

La distancia entre equipos, unidades de operación y la subdivisión de la Zona I se ajustará a la Norma establecida, en nuestro caso se tomó como referencia los distanciamientos de la Norma IRI, como se detalla en el [punto 7.6](#).

➤ Descarga de electricidad estática

Es necesario implementar medidas especiales en las estructuras y equipos metálicos para proteger contra descargas de electricidad estática, ya sea atmosférica o provocada por la fricción de fluidos en conductos o recipientes.

Se utilizarán pararrayos en aquellas estructuras cuya altura sobrepase el nivel medio del resto de las instalaciones, por ejemplo chimeneas.

➤ Dispositivos y medidas especiales

En los recintos cerrados, como las casas de bombas, se deben instalar dispositivos que aseguren una adecuada ventilación, para evitar acumulación de gases o vapores en concentraciones peligrosas, es por eso que se puede instalar una chimenea de combustión para evacuarlos.

Toda la zona de operación debe contar con un sistema colector de descarga de emergencia para evacuar productos líquidos y vapores contenidos en los equipos en caso de incendio. El

sistema de drenaje debe evitar la propagación de llamas y conectarse a piletas de recuperación para residuos líquidos inflamables.

Las instalaciones eléctricas en áreas con gases o líquidos inflamables deben ser seguras contra explosiones. Además, se debe mantener el orden y limpieza para facilitar maniobras de emergencia.

8.3.2. ZONA II-ALMACENAMIENTO

Área 400 donde se encuentra el parque de tanques de almacenamiento.

8.3.2.1. DEFENSAS ACTIVAS

Esta zona contará con una red de agua contra incendios conectada con la red principal requerida para la Zona I, según lo dispuesto en el Artículo 202. Se instalarán tomas para mangueras en cantidad y distribución adecuadas a la magnitud de las instalaciones permitiendo el combate de incendios tanto dentro como fuera de los edificios. La instalación de rociadores (sprinklers) automáticos o semiautomáticos, sólo se efectuará cuando sea necesario.

8.3.3. ZONA III-SERVICIOS AUXILIARES

8.3.3.1. DEFENSAS ACTIVAS

➤ Aparatos extintores de fuego

La distribución de aparatos extintores en áreas techadas se hará siguiendo las siguientes medidas mínimas:

- En edificios de depósitos sin productos inflamables, talleres y oficinas, se instalará un extintor por cada 300 m² y la distancia máxima desde cualquier punto hasta un extintor no deberá exceder los 20 m.
- En depósitos con productos inflamables, plataformas de envasado, salas de calderas y laboratorios, se colocará un extintor por cada 200 m², y la distancia máxima desde cualquier punto hasta un extintor no deberá superar los 15 m. Además, se deberá

disponer de un recipiente metálico con arena y dos palas, para casos de derrames o incendios incipientes.

Los extintores serán ubicados en lugares accesibles a una altura no mayor de 1,50 m. sobre el nivel del suelo, a fin de permitir su uso rápido y eficiente.

8.3.3.2. DEFENSAS PASIVAS

➤ Distanciamientos

Los distanciamientos entre edificios o instalaciones descubiertas deben seguir las disposiciones de distanciamiento respecto a las Zonas I y II. Estas instalaciones con hidrocarburos y edificios con fuegos, la distancia mínima es de 30 m, y con edificios sin fuegos es de 10 m. Se deben fijar distancias adecuadas para asegurar el acceso del personal y equipos en caso de incendio.

➤ Descargas de electricidad estática

Los edificios o estructuras cuya altura sobrepase el nivel medio del resto de las instalaciones, serán protegidos con pararrayos.

En el Capítulo III se trata lo referente a parques de tanques que contienen productos que son líquidos a la presión y temperatura atmosférica.

8.3.4. TANQUES A NIVEL O ELEVADOS:

8.3.4.1. DEFENSAS ACTIVAS

➤ Agua contra incendios

Los artículos 301 y 302 fueron descriptos en el [punto 4.7.1.4.](#)

➤ *Servicio Ignifugo Especial*

Se deberá contar con un sistema especial para generar y distribuir espuma sobre el fluido almacenado en todos los tanques. El sistema incluirá tomas distribuidas para conectar elementos portátiles en caso de falla del sistema fijo, junto con mangueras y lanzas especiales.

La planta debe tener suficientes agentes ignífugos para cubrir con 30 cm de espuma el área del mayor recinto de contención y la superficie de los tanques adyacentes. Esta cantidad puede reducirse hasta un 50% si los productos almacenados son menos peligrosos, los tanques están aislados, o hay acceso a agentes ignífugos de instalaciones cercanas.

Las espumas resistentes al alcohol (AR), como las espumas de película acuosa (AFF-AR o F3-AR) son las más adecuadas para incendios en tanques de gases licuados debido a que forma una capa de polímero que aísla el combustible del oxígeno, lo que permite sofocar el fuego de manera efectiva y previene su reencendido.

➤ *Aparatos Extintores de Fuego*

Se contará con extintores cuya distribución en los locales y ambientes techados asegurará los lineamientos ya establecidos anteriormente.

8.4. Seguridad e Higiene

La Ley N° 19.587 trata sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo. Las normas de higiene y seguridad en el trabajo buscan proteger la vida y la integridad física y mental de los trabajadores, prevenir y reducir riesgos laborales, y fomentar una actitud preventiva. Se deben considerar el diseño de plantas, factores físicos como ventilación e iluminación, y la contaminación ambiental. Las condiciones de seguridad incluyen la adecuada ubicación y mantenimiento de instalaciones y herramientas, protección de maquinaria, y seguridad en instalaciones eléctricas. Los empleadores deben garantizar exámenes médicos, buen estado de las instalaciones, y equipos de protección, así como capacitación en higiene y seguridad. Los trabajadores deben cumplir las normas, usar el equipo de protección, y participar en programas de formación.

8.4.1. Proyecto, Instalación, Ampliación, Acondicionamiento y Modificación

Los establecimientos deben ser diseñados, instalados, ampliados o modificados de manera que aseguren una distribución eficiente y condiciones óptimas de higiene y seguridad en todas sus áreas. Esto incluye la construcción de espacios de trabajo, el diseño del acceso y circulación del personal, y la protección de equipos y procesos riesgosos.

Se deben proporcionar servicios sanitarios adecuados y separados por sexo, con el número suficiente en relación al personal. Los sanitarios deben contar con retretes y duchas con agua caliente y fría, retretes individuales con puertas que aseguren una altura mínima de 2,10 metros, mingitorios y disponer de vestuarios.

Los comedores deben estar ubicados lo más aislados posible del resto del establecimiento, preferiblemente en un edificio independiente. Deben cumplir con estándares de limpieza, iluminación, ventilación y temperatura adecuados.

Las cocinas deben mantenerse en condiciones higiénicas, con sistemas de extracción de vapores y humos si es necesario. Los equipos para calentar alimentos deben estar situados en lugares que garanticen higiene y seguridad.

Los servicios de medicina del trabajo deben ubicarse cerca de las áreas de trabajo y estar aislados de ruidos y vibraciones. Deben formar una unidad funcional en planta baja o, si están en pisos superiores, contar con un ascensor para camillas y escaleras adecuadas. Estos servicios deben tener al menos 50 metros cuadrados e incluir sala de espera, oficinas, dos consultorios (uno de los cuales puede ser de enfermería), y servicios sanitarios separados para el personal y los visitantes, con lavabos, inodoros y duchas con agua fría y caliente.

8.4.2. Provisión de Agua Potable.

Todo establecimiento deberá contar con provisión y reserva de agua para uso humano.

8.4.3. Desagües Industriales.

Los establecimientos deben gestionar los efluentes industriales de manera adecuada para evitar problemas de salud y contaminación. Los efluentes deben ser recolectados y dirigidos a

un sistema de captación para su posterior evacuación, evitando derrames. Los desagües deben estar en tuberías cerradas si hay riesgo de contaminación.

Es crucial evitar el contacto entre líquidos que puedan reaccionar y producir vapores tóxicos, gases o calor, por lo que deben canalizarse por separado. Los conductos deben ser sólidos y fabricados con materiales adecuados para los líquidos que transportan, sin generar desniveles en el piso que puedan obstaculizar el tránsito o causar caídas.

Los efluentes deben ser enviados a plantas de tratamiento de acuerdo con las normativas locales, garantizando que no representen un riesgo para la salud de los trabajadores ni para el medio ambiente. Las plantas de tratamiento deben limpiarse periódicamente, con los trabajadores usando protección adecuada, y las áreas accesibles deben contar con buena iluminación, ventilación y condiciones de acceso.

8.4.4. ESTRES TERMICO (Carga térmica).

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.

8.4.5. Ventilación.

La ventilación en los establecimientos debe garantizar condiciones ambientales saludables para los trabajadores. Se recomienda la ventilación natural siempre que sea posible. En caso de contaminación o condiciones perjudiciales, como calor excesivo, vapores, gases, nieblas, polvos u otras impurezas, el sistema de ventilación debe asegurar una adecuada concentración de oxígeno y mantener los niveles de contaminantes dentro de los límites permitidos, evitando zonas con aire estancado.

8.4.6. Iluminación y Color.

La iluminación en los lugares de trabajo debe permitir una adecuada visualización de los colores según la tarea, evitando efectos estroboscópicos y deslumbramientos. Debe ser suficiente para la tarea, considerando tamaño, reflexión, contraste y movimiento, con una distribución uniforme y adecuada para la tarea.

Se deben utilizar colores de seguridad para identificar personas, lugares y objetos y así prevenir accidentes. Además, se deben marcar claramente con líneas amarillas y flechas visibles los caminos de evacuación y todas las salidas normales o de emergencia en paredes o pisos.

8.4.7. Ruidos y Vibraciones.

Si el nivel de ruido continuo en el lugar de trabajo excede los límites establecidos, se deben tomar las siguientes medidas para reducirlo:

1. Implementar procedimientos de ingeniería en la fuente de ruido, su transmisión o en el área receptora.
2. Proporcionar protección auditiva a los trabajadores.
3. Si las medidas anteriores no son suficientes, reducir el tiempo de exposición al ruido.

8.4.8. Instalaciones Eléctricas.

Las instalaciones y equipos eléctricos deben cumplir con las normativas para evitar riesgos. Los materiales y equipos utilizados deben seguir las normas técnicas correspondientes, y si no están estandarizados, deben cumplir con las especificaciones del capítulo. El mantenimiento eléctrico debe ser realizado por personal capacitado y autorizado por la empresa. Las instalaciones expuestas a descargas atmosféricas deben contar con sistemas de protección contra sobretensiones y tener tomas a tierras exclusivas e independientes.

8.4.9. Máquinas y Herramientas.

Las máquinas y herramientas en los establecimientos deben ser seguras y contar con la protección adecuada si representan riesgos. Los motores que puedan ser peligrosos deben estar aislados para evitar el acceso de personal no autorizado.

Las herramientas de mano deben estar hechas de materiales apropiados, ser seguras y sin defectos. Las uniones deben ser firmes, y herramientas como martillos o hachas deben tener mecanismos que eviten el desprendimiento de partes. Los mangos deben ser de tamaño adecuado, sin bordes afilados ni superficies resbaladizas, y las partes cortantes deben estar bien afiladas.

Los aparatos de izaje deben tener claramente marcada la carga máxima permitida y no deben usarse con cargas superiores. Las cargas deben elevarse y descenderse lentamente y preferiblemente en dirección vertical. Todo nuevo aparato debe ser revisado y probado por personal competente antes de su uso. Además, los aparatos de izaje deben contar con dispositivos de frenado para cargas superiores a la máxima admisible y, en el caso de los eléctricos, deben tener mecanismos de seguridad para evitar sobrepasar los límites permisibles.

8.4.10. Protección contra Incendios.

La protección contra incendios abarca condiciones de construcción, instalación y equipamiento para ambientes y edificios, así como para trabajos exteriores según sea necesario. Los objetivos son:

1. Prevenir el inicio de incendios.
2. Evitar la propagación del fuego y la dispersión de gases tóxicos.
3. Garantizar la evacuación segura de las personas.
4. Facilitar el acceso y las labores de extinción por parte de los bomberos.
5. Proveer sistemas de detección y extinción de incendios.

8.4.11. Equipos y Elementos de Protección Personal.

Los equipos y elementos de protección personal deben ser de uso individual y no intercambiable por razones de higiene y practicidad. Está prohibida la venta de equipos usados o recuperados, los cuales deben ser destruidos al finalizar su vida útil. Estos equipos deben ser proporcionados a los trabajadores y usados mientras se agotan todas las opciones técnicas y científicas para eliminar o aislar los riesgos.

Entre los elementos de protección personal a utilizar de forma rutinaria son: casco con sorderas, guantes, mameluco ignífugo, borcegos, gafas; según las tareas a realizar, por ejemplo si es en altura o en un espacio confinado se utiliza arnés de seguridad, máscaras de protección contra polvos y vapores, mamelucos descartables, entre otros.

8.4.12. Capacitación.

Los establecimientos deben capacitar a su personal en higiene y seguridad, prevención de enfermedades y accidentes laborales, adaptando la formación a los riesgos y tareas específicas. La capacitación se realizará a través de conferencias, cursos, seminarios y materiales educativos, como gráficos y audiovisuales. Los programas de capacitación deben ser planificados semestral/anualmente y presentados a la autoridad correspondiente. Estos planes serán desarrollados por los Servicios de Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo.

8.5. Seguridad de los Procesos

8.5.1. Análisis HAZOP

De sus siglas en inglés, Hazard and Operability Study (Análisis Funcional de Operabilidad). Es una técnica estructurada y sistemática utilizada para identificación de riesgos de procesos y evaluación de los posibles escenarios peligrosos ocurridos a partir de desviaciones de las variables de proceso respecto a condiciones normales. Por lo tanto, un equipo multidisciplinario se reúne para debatir y aplicar palabras guías que lo conduzcan a identificar las causas, consecuencias y salvaguardas.

El HAZOP se aplica a:

- Nuevos proyectos/procesos.
- Modificaciones importantes del proceso.
- Revisión periódica de las operaciones existentes.

8.5.1.1. Procedimiento

El primer paso es definir los nodos, pudiendo ser un equipo, un área o tramos de cañería interconectadas.

Luego se plantean las posibles desviaciones respecto a los rangos operacionales previstos y/o parámetros de diseño.

Desviación= variables de proceso + palabra guía

Variables de proceso:

- Nivel
- Flujo
- Presión
- Temperatura
- Composición
- PH
- Viscosidad
- Reacción
- Etc.

Se identifican las causas que son los errores, fallas o eventos que inician la propagación del escenario peligroso.

Se plantean las consecuencias que son el resultado de estos escenarios que puede afectar a las personas, medioambiente, activos o imagen de la empresa.

Por último, se identifican las salvaguardas o barreras que pueden ser sistemas construidos o controles administrativos proyectados para minimizar las consecuencias de los desvíos o impedir que estos ocurran.

Palabras guía:

Tabla 99. Palabras guía para el análisis Hazop

Palabras guía	Descripción
No	Negación de la intención de diseño
Más, Alto	Incremento cuantitativo de un parámetro
Menos, Bajo	Disminución cuantitativa de un parámetro
Reverso	Opuesto a la dirección de la intención de diseño
Diferente a	Sustitución o modificación de un parámetro
Además de	Incremento cualitativo de un parámetro
Parte de	Disminución cualitativa de un parámetro

8.5.1.2. Determinación de Niveles de Riesgo

Para determinarlo hay que realizar el siguiente proceso:

- **CONSECUENCIA:** si sale mal, ¿cuán serio será?
- **EXPOSICIÓN:** ¿qué tan frecuente puede ocurrir la causa?
- **PROBABILIDAD:** ¿cuál es la probabilidad que alcance determinada consecuencia?

La combinación de estos tres criterios nos da el nivel de riesgo.

8.5.1.3. Matriz Exposición

Determina la frecuencia con la que podría ocurrir el evento iniciador en el ámbito de evaluación.

Tabla 100. Valores según la exposición

EXPOSICIÓN (E)			VALOR
Muy rara	Frecuencia: 10^{-3} /año	No se espera que ocurra	0,3
Rara	Frecuencia: 10^{-2} /año	Es posible que ocurra	0,6
Poco usual	Frecuencia: 10^{-1} /año	Se espera que ocurra al menos una vez	1,2
Ocasional	Frecuencia: 10^0 /año	Ocurre con frecuencia anual	2,5
Frecuente	Frecuencia: 10^1 /año	Algunas veces al año	5
Muy frecuente	Frecuencia: 10^2 /año	Más de una vez al mes	10

8.5.1.4. Matriz Probabilidad

Recoge la probabilidad de que, una vez desarrollado el evento iniciador, se alcance una determinada consecuencia. La probabilidad debe estudiarse independientemente para cada consecuencia.

Tabla 101. Valores según la probabilidad

PROBABILIDAD (P)		VALOR
Prácticamente imposible	10^{-5}	0,3
Altamente improbable	10^{-4}	0,6
Remotamente posible	10^{-3}	1,2
Poco usual	10^{-2}	2,5
Posible	10^{-1}	5
Casi seguro	10^0	10

8.5.1.5. Matriz Consecuencias

Se debe seleccionar, de cada columna de la [tabla 102](#), la consecuencia que aplique y tomar el valor más alto de todos.

El costo de remediación ambiental se define como el costo de la reparación primaria de las unidades biofísicas dañadas hasta los límites definidos en cada proyecto.

A continuación, se definen brevemente cada uno de los tipos de crisis:

- **Crisis de nivel verde:** accidentes o incidentes que quedan limitados al ámbito local, sin efectos graves sobre la seguridad, el medioambiente o la solvencia económica y la gestión de la compañía, pero que podrían generar interés en los periodistas, vecinos, asociaciones o autoridades locales.
- **Crisis de nivel amarillo:** accidentes o incidentes que quedan limitados al ámbito local, que tienen efectos severos sobre la seguridad, el medioambiente o la solvencia económica y la gestión de la compañía y que podrían generar interés a los periodistas, vecinos, asociaciones o autoridades locales.
- **Crisis de nivel rojo:** accidentes o incidentes que exceden por su importancia el ámbito local y que previsiblemente generarán interés en los periodistas, vecinos, asociaciones o autoridades nacionales o internacionales por tener, o poder tener, graves consecuencias sobre el medioambiente, la seguridad o la solvencia económica y la gestión de la compañía.

Una vez obtenidos los valores de Consecuencia, Exposición y Probabilidad en las matrices anteriores, se calcula el valor del riesgo asociado de la siguiente forma:

$$\text{RIESGO} = \text{CONSECUENCIA (C)} \times \text{EXPOSICIÓN (E)} \times \text{PROBABILIDAD (P)}$$

En base a las combinaciones de Exposición y Probabilidad de Causas y severidad de Consecuencias, se define una Matriz de Riesgos ([Tabla 104](#)), a ser utilizada para calificar a cada riesgo identificado y de esta forma asignar un orden de prioridad para implementar los cambios asociados.

8.5.1. Aplicación de Análisis HAZOP a NODO N°1 - Etapa de Pre calentamiento/Reacción

Este nodo comprende desde el ingreso de la materia prima de Propano junto con sus respectivas recirculaciones de Propano e Hidrógeno.

Dentro de los equipos involucrados en este análisis se encuentran intercambiadores de calor (E-100 a E-104), VLV-110, VLV-203, Hornos (H-100 a H-103) y Reactores (R-100 a R-103).

Descripción breve de la unidad: la mezcla de propano fresco y sus recirculaciones se precalientan en un tren de intercambiadores (E-100 a E-104) pasando por las carcasas con el fluido del último reactor por tubos. Previo al ingreso al primer horno la presión se reduce en una VLV-100 para alcanzar las especificaciones necesarias para la reacción, la instalación de los hornos (H-100 a H-103) entre medio de los reactores es para mantener la temperatura de operación ya que al llevarse a cabo una reacción endotérmica la temperatura disminuye a la salida de cada reactor, luego de pasar por los reactores catalíticos (R-100 a R-103) se obtiene una conversión deseada de propileno que saldrá de la zona de reacción hacia el precalentamiento de la alimentación.

El análisis HAZOP se presenta en la tabla 103, y en los gráficos 51 y 52 se muestran los diagramas de tuberías e instrumentación (PID) del nodo a analizar.

Tabla 102. Valores según las consecuencias

AMBITO DE AFECTACIÓN	CONSECUENCIA DEL INCIDENTE				VALOR
	PERSONAS	BIENES MATERIALES	MEDIO AMBIENTE	IMAGEN DE LA COMPAÑÍA	
	Consecuencia del incidente respecto a la salud de las personas	Pérdidas Totales- Costo directo del incidente, pérdida de beneficio, daño a bienes propios	Consecuencia de incidente sobre el Medio Ambiente	Consecuencia del incidente sobre la imagen de la compañía	
Catastrófica	10 o más fatalidades o incapacidades totales y permanentes	>1000 MU\$D	Daño ambiental catastrófico y de gran extensión; pérdidas extensivas de recursos y servicios ambientales. Daños permanentes.	Afectación internacional en forma permanente	100
Desastrosa	Entre 2 o 9 fatalidades totales y permanentes	De 100 MU\$D a 1000 MU\$D	Daño ambiental catastrófico y de gran extensión; pérdidas de recursos y servicios ambientales. Daños permanentes.	Afectación internacional en forma transitoria	40
Muy seria	Una fatalidad o incapacidad total y permanente	De 10 MU\$D a 100 MU\$D	Daño ambiental muy grave. Se requiere a la compañía medidas de corrección y/o compensación importante, excede en amplias zonas los niveles de referencia de calidad ambiental; alta probabilidad de daño residual permanente.	Crisis Nivel Rojo: Incidente que generan interés en periodistas, vecinos, asociaciones o autoridades nacionales.	16

AMBITO DE AFECTACIÓN	CONSECUENCIA DEL INCIDENTE				VALOR
	PERSONAS	BIENES MATERIALES	MEDIO AMBIENTE	IMAGEN DE LA COMPAÑÍA	
	Consecuencia del incidente respecto a la salud de las personas	Pérdidas Totales- Costo directo del incidente, pérdida de beneficio, daño a bienes propios	Consecuencia de incidente sobre el Medio Ambiente	Consecuencia del incidente sobre la imagen de la compañía	
Seria	Con pérdida de días (más de 30 días de baja) o incapacidad parcial permanente	De 1 MU\$D a 10 MU\$D	Daño ambiental grave que puede afectar al entorno de la propiedad, que supera en amplias zonas los niveles de referencia de calidad ambiental y puede afectar a terceros	Crisis Nivel Amarillo: Incidente que generan interés en periodistas, vecinos, asociaciones o autoridades locales, más allá de lo rutinario de estos casos	7
Moderada	Con pérdida de días (menos de 30 días de baja)	De 100 KU\$D a 1 MU\$D	Daño ambiental relevante que excede los niveles de referencia de calidad ambiental o que es capaz de generar una denuncia y no tiene efectos permanentes	Crisis Nivel Verde: Incidente que no generan interés en periodistas, vecinos, asociaciones o autoridades locales, más allá de lo rutinario de estos casos	3
Menor	Sin pérdida de días o primeros auxilios	<100 KU\$D	Incidencia ambiental no relevante o en zona sin contención garantizada que provoca un daño ambiental local dentro de los límites de la propiedad	Sin difusión	1,7

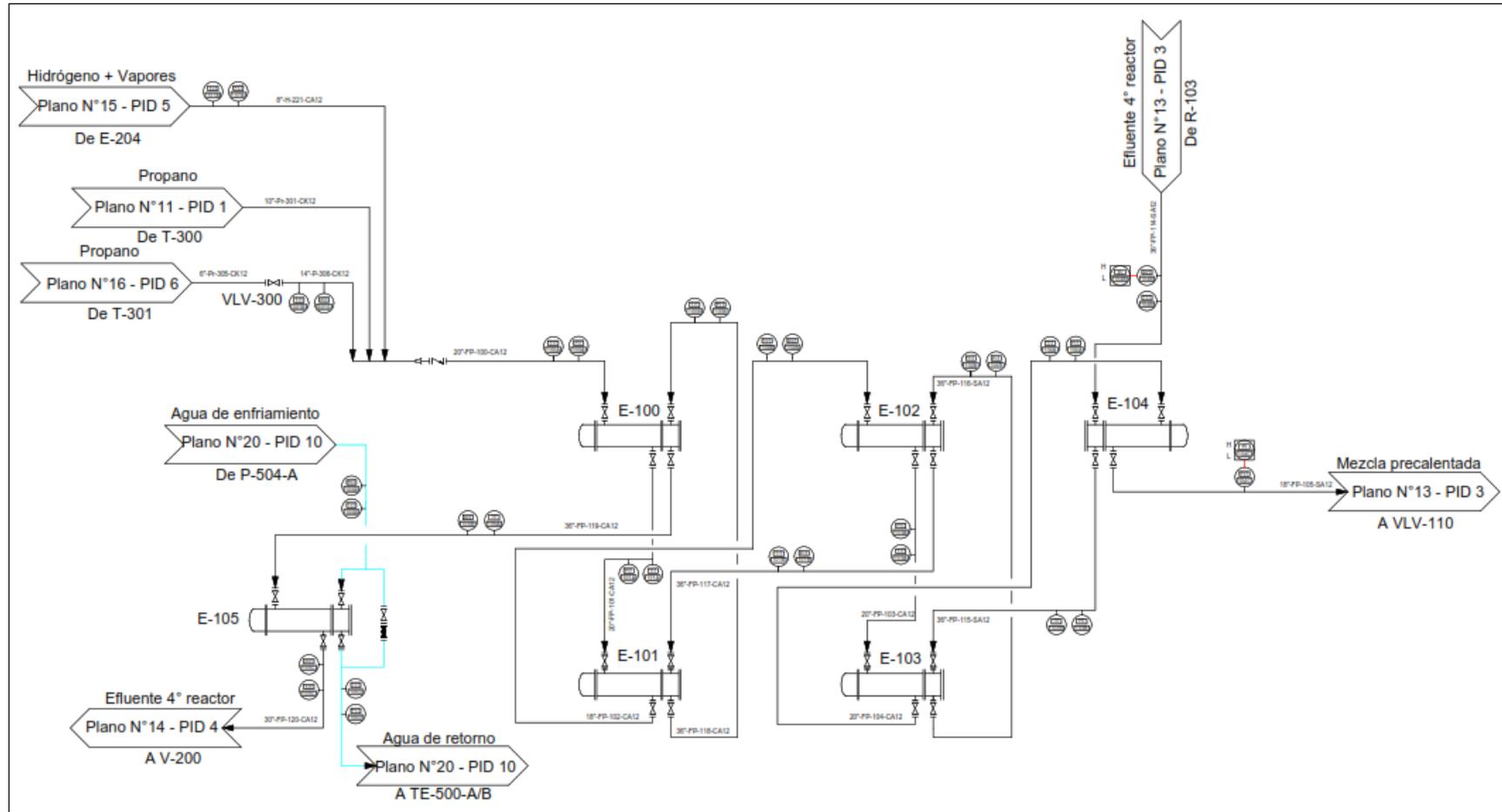


Gráfico 52. Diagrama de tuberías e instrumentación - Etapa de intercambio de calor.

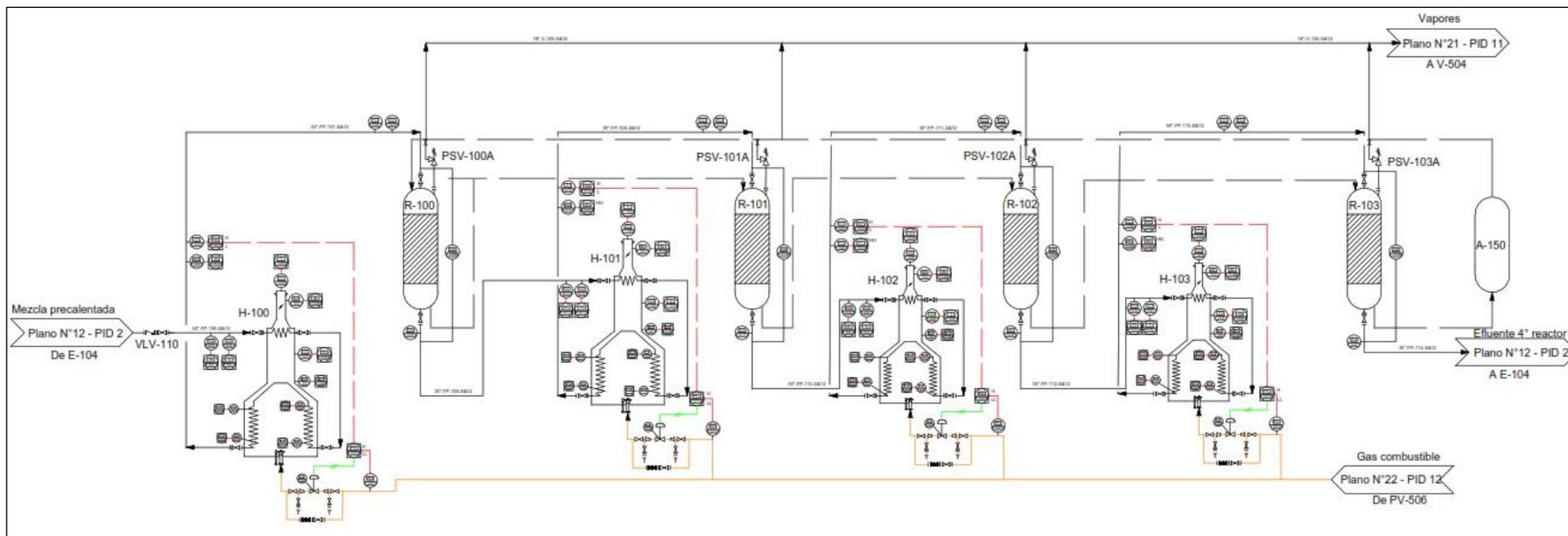


Gráfico 53. Diagrama de tuberías e instrumentación - Etapa de precalentamiento y reacción.

Tabla 103. Análisis HAZOP aplicado a Nodo n°1

IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO			Evaluación de riesgo inicial (sin barreras)					Evaluación de riesgo actual (con barreras existentes)						
Situación específica de peligro o posible desvío identificado relativo al tema guía (se puede pensar en "qué pasaría si...")	Causas de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado	Consecuencias (Efectos) de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado (se puede pensar en "qué pasaría si" se da la situación o desvío identificado)	Ámbito de afectación	C	E	P	R	Riesgo inicial	Salvaguardas/Barre ras/Acciones existentes de prevención (Reducen exposición o Probabilidad)	C	E	P	R	Riesgo residual actual
Bajo Flujo	Falta de H ₂ en la alimentación por baja apertura de la válvula VLV-203	Coquización del catalizador produce su desactivación lo cual genera: _Bajo rendimiento de la reacción. _Cambio de selectividad de productos. _Inestabilidad del sistema. _Reducir la vida útil del reactor. _Reducción de la eficiencia del proceso.	BIENES MATERIALES	40	0,6	1,2	28,8	Riesgo moderado	_Bloqueo físico y etiquetado. _Sistemas de control y monitoreo. _Entrenamiento del personal.	40	0,3	0,3	3,6	Riesgo bajo
	Falla en VLV-110 por fuga en cañería u obstrucción	_Envejecimiento prematura de los tubos del horno, por cambio brusco de temperatura. _Posibilidad de incendio pérdida de producción.	MEDIO AMBIENTE	3	1,2	5	18,0	Riesgo moderado	Colocar TI-100C con alarma de alta temperatura	3	1,2	0,6	2,2	Riesgo bajo

IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO			Evaluación de riesgo inicial (sin barreras)					Evaluación de riesgo actual (con barreras existentes)						
Situación específica de peligro o posible desvío identificado relativo al tema guía (se puede pensar en "qué pasaría si...")	Causas de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado	Consecuencias (Efectos) de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado (se puede pensar en "qué pasaría si" se da la situación o desvío identificado)	Ámbito de afectación	C	E	P	R	Riesgo inicial	Salvaguardas/Barre ras/Acciones existentes de prevención (Reducen exposición o Probabilidad)	C	E	P	R	Riesgo residual actual
Baja temperatura	Falla en los TIC 100D, 102D, 103D.	_Menor probabilidad que ocurra la reacción. _Taponamiento de sitios activos de catalizador. _Pérdida de producción.	BIENES MATERIALES	1,7	1,2	5	10,2	Riesgo bajo					0,0	NA
Alta temperatura	Falla en los TIC 100D, 102D, 103D.	_Degradación térmica. _Posibilidad de craqueo.	BIENES MATERIALES	3	1,2	5	18,0	Riesgo moderado	Mantenimiento preventivo	3	1,2	1,2	4,3	Riesgo bajo
	Falla en algún transmisor indicador de temperatura a la salida del horno.	Rotura de tubos, perdidas de producto, incendio de hornos.	BIENES MATERIALES	16	1,2	2,5	48,0	Riesgo alto	Sistema de ignición de fuego, alarma de muy alta presión eso llevaría directamente a paro del horno, evitando el ingreso de gas.	16	1,2	0,6	11,5	Riesgo bajo

IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO			Evaluación de riesgo inicial (sin barreras)					Evaluación de riesgo actual (con barreras existentes)						
Situación específica de peligro o posible desvío identificado relativo al tema guía (se puede pensar en "qué pasaría si...")	Causas de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado	Consecuencias (Efectos) de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado (se puede pensar en "qué pasaría si" se da la situación o desvío identificado)	Ámbito de afectación	C	E	P	R	Riesgo inicial	Salvaguardas/Barre ras/Acciones existentes de prevención (Reducen exposición o Probabilidad)	C	E	P	R	Riesgo residual actual
Alta temperatura	Falla por cierre de Dámper.	Ahogado de horno, formación de mezcla explosiva, posible explosión, daño al ambiente.	MEDIO AMBIENTE	16	1,2	2,5	48,0	Riesgo alto	Sistema de ignición de fuego, detector de llama con paro de quemadores y piloto.	7	1,2	1,2	10,1	Riesgo bajo
		Ahogado de horno, formación de mezcla explosiva, posible explosión, daño a las personas.	PERSONAS	16	1,2	2,5	48,0	Riesgo alto	Sistema de ignición de fuego, detector de llama con paro de quemadores y piloto.	16	0,6	0,6	5,8	Riesgo bajo
Alta presión	Falla o cierre en válvulas de bloqueo de E-104.	Rotura de líneas por sobrepresión del sistema. Fuga de producto, incendio.	MEDIO AMBIENTE	7	0,6	5	21,0	Riesgo moderado	Colocar alarmas de alta presión.				0,0	NA
			PERSONAS	7	0,6	5	21,0	Riesgo moderado					0,0	NA
	Falla en los PIC de los reactores.	Daño del catalizador.	BIENES MATERIALES	3	1,2	5	18,0	Riesgo moderado	Mantenimiento preventivo.	3	1,2	1,2	4,3	Riesgo bajo

IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO			Evaluación de riesgo inicial (sin barreras)					Evaluación de riesgo actual (con barreras existentes)						
Situación específica de peligro o posible desvío identificado relativo al tema guía (se puede pensar en "qué pasaría si...")	Causas de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado	Consecuencias (Efectos) de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado (se puede pensar en "qué pasaría si" se da la situación o desvío identificado)	Ámbito de afectación	C	E	P	R	Riesgo inicial	Salvaguardas/Barre ras/Acciones existentes de prevención (Reducen exposición o Probabilidad)	C	E	P	R	Riesgo residual actual
Baja presión	Falla en la alimentación de gas combustible.	_Posible apagado de llama. _Posible acumulación de gas en cámara con riesgo de incendio/explosión en hornos H-100, 101, 102 y 103.	BIENES MATERIALES	16	1,2	5	96,0	Riesgo urgente	_Sistema automatizado de detectores de llama con bloqueo de gas quemadores y pilotos. _Envío de gases residuales acumulados a flear.	16	1,2	1,2	23,0	Riesgo moderado
			PERSONAS	16	1,2	5	96,0	Riesgo urgente	PALL con corte de gas a quemadores.	16	1,2	1,2	23,0	Riesgo moderado

IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO			Evaluación de riesgo inicial (sin barreras)					Evaluación de riesgo actual (con barreras existentes)						
Situación específica de peligro o posible desvío identificado relativo al tema guía (se puede pensar en "qué pasaría si...")	Causas de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado	Consecuencias (Efectos) de posibles incidentes o desvíos relativos al peligro identificado (se puede pensar en "qué pasaría si" se da la situación o desvío identificado)	Ámbito de afectación	C	E	P	R	Riesgo inicial	Salvaguardas/Barre ras/Acciones existentes de prevención (Reducen exposición o Probabilidad)	C	E	P	R	Riesgo residual actual
Fuga de gas (propano/propileno)	Desgaste de juntas o sellos defectuosos en el intercambiador.	_Incendio, debido a su inflamabilidad, de los gases liberados.	PERSONAS	16	0,6	2,5	24,0	Riesgo moderado	Mantenimiento preventivo.	16	0,3	0,6	2,9	Riesgo bajo
	Vibraciones excesivas o golpes mecánicos.	_Daño a la estructura del intercambiador _Desalineación de los componentes. _Bajo rendimiento.	BIENES MATERIALES	16	0,6	2,5	24,0	Riesgo moderado	Mantenimiento preventivo.	16	0,3	1,2	5,8	Riesgo bajo
	Desgaste o fatiga de materiales debido a ciclos repetitivos de calentamiento y enfriamiento.	_Falla de componentes estructurales.	BIENES MATERIALES	7	1,2	2,5	21,0	Riesgo moderado	_Realizar termografías. _Mantenimiento preventivo	7	1,2	1,2	10,1	Riesgo bajo

Tabla 104. Tipos y valores de riesgos.

Tipo	$R=ExPxC$	Actuaciones necesarias
Riesgo menor	$R \leq 14$	Evaluar la necesidad de medidas correctoras con el objetivo de mejora continua. Se implantará aquellas medidas que supongan una baja inversión.
Riesgo moderado	$14 < R \leq 35$	Medidas correctoras de prioridad normal (pueden ser implementadas después de la puesta en marcha). Todas las medidas cuyo beneficio supere su costo deben ser implementadas. Nivel inferior de autorización.
Riesgo Alto	$35 < R \leq 82$	Medidas correctoras de prioridad alta (deben ser implementadas antes de la puesta en marcha). Revisión previa puesta en marcha. Deben evaluarse, registrarse e implementarse, siempre que sea razonablemente posible, las medidas de reducción de riesgo necesarias para reducirlo, al menos, a niveles moderados. El riesgo debe ser reevaluado después de aplicar las medidas de prevención y/o mitigación. Nivel superior de autorización.
Riesgo urgente	$R > 82$	Medidas correctoras de prioridad inmediata. Deben evaluarse y registrarse e implementarse las medidas de reducción de riesgo necesarias para reducir el riesgo a niveles inferiores. Se requiere registro y verificación para asegurar que se resuelven en tiempo y forma adecuadas. Se requiere autorización del Comité de Negocio para continuar con la actividad con este nivel de riesgo.

8.6. Actuación ante una emergencia por derrame o incendio de producto en un tanque de Propano

El objetivo es establecer un procedimiento claro para la actuación en caso de derrame o incendio de propano en el tanque de almacenamiento, organizando los recursos y las acciones necesarias para controlar la emergencia, recuperar las condiciones operativas y mitigar los efectos. Se pretende minimizar las consecuencias sobre las personas, el medio ambiente, las instalaciones y la comunidad durante la emergencia.

8.6.1. Posibles Escenarios

- Tanque este en reposo.
- Tanque enviando producto a planta.

- Tanque recibiendo producción del proveedor.

8.6.2. Unidades afectadas

- Parque de tanques del Área 400.

8.6.3. Riesgos

8.6.3.1. Riesgos para la unidad y sus equipos

En caso de derrame, la principal preocupación es el impacto ambiental. Un incendio puede provocar la acumulación de presión, que podría desencadenar una explosión y afectar tanques cercanos debido a la radiación térmica, debilitando sus estructuras y aumentando el riesgo de fallos. La capacidad de almacenamiento de la unidad se verá comprometida si uno o más tanques quedan fuera de servicio.

8.6.3.2. Riesgo para las personas

En caso de un derrame con alta concentración de vapores, se requiere el uso de aparatos de respiración autónoma para trabajar en la zona afectada. Si ocurre un incendio en el tanque, las personas estarán en alto riesgo, por lo que se deben tomar medidas de precaución.

8.6.3.3. Riesgo para el medio ambiente

El propano se evapora completamente, lo que minimiza el riesgo de contaminación acuática o terrestre, aunque es crucial evitar que las fugas lleguen a desagües y alcantarillas. La limpieza dependerá del tamaño del derrame; si es pequeño, basta con dejarlo evaporar, pero en derrames grandes, se deben diluir los vapores con agua pulverizada.

8.6.3.4. Afectación de otras instalaciones

Derrames o incendios pueden impactar a otras unidades de la planta, terminales, y proveedores de propano, especialmente si no es posible desviar las producciones a otros tanques de almacenamiento.

8.6.4. Actuaciones y Procedimientos de Respuesta Ante Emergencia

Es crucial eliminar la causa del derrame, controlar su extensión, y verificar el cierre de válvulas de drenaje. En caso de rebalse, se debe cortar el ingreso al tanque y trasvasar el producto. Si la fuga es por el fondo, cerrar la válvula de suministro si es seguro hacerlo.

En caso de incendio, activar el Rol de Emergencia, intentar activar el anillo de refrigeración del tanque y dirigir los monitores hacia los tanques cercanos para evitar su calentamiento. Si es posible, cortar el suministro de producción al tanque. Si el incendio impide acercarse, se actuará conforme al pre-planing que indica las distancias seguras y el equipo a utilizar.

a) Detección y Notificación: Al detectar un derrame o incendio, activar la alarma de emergencia y notificar al Supervisor de turno o a la Guardia de Producción. Alertar al Departamento de Medio Ambiente para coordinar la mitigación.

b) Respuesta Inmediata: Identificar la causa del derrame o incendio y evaluar su magnitud. Si es seguro, detener la fuga cerrando válvulas o desviando el producto a otro tanque. Contener el derrame con materiales adecuados y extinguir el incendio con los métodos correctos. Ventilar la zona y evitar fuentes de ignición. Supervisar que el derrame no afecte los sistemas de drenaje, y prohibir la permanencia de personal no autorizado en la zona de emergencia.

8.6.5. Estrategias de evacuación

Es fundamental garantizar que las rutas de evacuación estén claramente señalizadas, libres de obstrucciones y se revisen regularmente para asegurar su efectividad. Durante la evacuación, se debe dirigir al personal no esencial hacia los puntos de reunión seguros establecidos en el plan de emergencia. Es crucial coordinar la respuesta con los servicios de emergencia externos, como bomberos, policía y servicios médicos, proporcionando información precisa sobre el tipo de producto involucrado y los riesgos específicos. Además, se debe asegurar que el personal de respuesta utilice equipos de protección personal (EPP) adecuados, incluyendo aparatos de respiración autónoma y trajes ignífugos, para minimizar la exposición a vapores tóxicos y calor extremo.

8.6.6. Reanudación segura de las operaciones

- **Inspección y Evaluación Post-Emergencia:** Tras la emergencia, es esencial realizar una inspección y evaluación exhaustiva de los daños. Esto incluye inspeccionar el tanque y las instalaciones circundantes para evaluar su integridad estructural, detectar posibles daños, y verificar la ausencia de fugas residuales, además de comprobar el estado de los sistemas de seguridad. Dependiendo de la magnitud del derrame, se debe permitir que el propano evaporado se disipe en el aire y, si es necesario, emplear agua pulverizada para diluir los vapores restantes, garantizando que la limpieza sea completa y evitando riesgos de contaminación. También es crucial realizar un monitoreo ambiental exhaustivo en el área afectada para detectar cualquier posible contaminación residual en el aire o en las proximidades de la planta.
- **Reparaciones y Pruebas de Seguridad:** es fundamental llevar a cabo reparaciones inmediatas en cualquier equipo o infraestructura dañada, prestando especial atención a los sistemas de seguridad como las válvulas. Antes de reanudar las operaciones, se deben realizar pruebas exhaustivas de presión y detección de fugas en los tanques para asegurar que se encuentran en condiciones seguras y operativas.
- **Reanudación Gradual de Operaciones:** es crucial reiniciar las operaciones de manera gradual y bajo estricta supervisión, garantizando que todos los sistemas funcionen correctamente y que no existan riesgos adicionales. Posteriormente, se debe revisar y actualizar el plan de contingencia, incorporando los aprendizajes obtenidos durante la emergencia, con el objetivo de mejorar la respuesta ante posibles incidentes futuros.

8.6.7. Comunicación y Capacitación

Es fundamental proporcionar formación continua a todo el personal, enfocada en los procedimientos de respuesta a emergencias, el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP) y el manejo seguro del propano. Además, se deben realizar simulacros de emergencia de manera periódica para garantizar que todo el personal esté familiarizado con las rutas de evacuación, el uso de equipos de emergencia y los procedimientos específicos para manejar derrames o incendios. Paralelamente, es esencial mantener una comunicación constante con la comunidad circundante, informándola sobre los riesgos potenciales y las medidas de seguridad implementadas para proteger tanto a las personas como al medio ambiente.

8.7. Conclusión

El capítulo de seguridad subraya la importancia de implementar medidas exhaustivas y sistemáticas para proteger tanto a los trabajadores como a las instalaciones de la empresa. La aplicación de normas y procedimientos rigurosos en áreas críticas como la protección contra incendios, el uso de equipos de protección personal, la capacitación continua del personal, y el mantenimiento de instalaciones eléctricas y maquinaria, son fundamentales para minimizar riesgos laborales y garantizar un ambiente seguro.

La inclusión de técnicas avanzadas como el análisis HAZOP demuestra un compromiso con la identificación proactiva de riesgos y la implementación de salvaguardas efectivas. Estos esfuerzos reflejan un enfoque preventivo y reactivo equilibrado, que no solo se enfoca en la mitigación de riesgos inmediatos sino también en la preparación para situaciones de emergencia.

En resumen, la seguridad laboral es un pilar esencial en el funcionamiento de cualquier empresa. La adopción de estas medidas contribuye a la creación de un entorno de trabajo seguro, promoviendo la salud y bienestar de los empleados y asegurando la continuidad operativa de la empresa. Es vital mantener y actualizar constantemente estas prácticas para adaptarse a nuevos desafíos y tecnologías emergentes en el ámbito de la seguridad industrial.

8.8. Bibliografía

Análisis de riesgos de proceso (HAZOP). (s.f.). <https://www.dekra.cl/es/analisis-de-riesgos-de-proceso/>

Decreto 351 de 1979. [Con fuerza de ley]. Conjunto de normas técnicas relativas a las condiciones de higiene y seguridad en la industria. 05 de febrero de 1979.

Decreto 10.877 de 1960. [Con fuerza de ley]. Reglamentaciones de la Ley 13660, relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamientos de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos. 09 de septiembre de 1960.

Diferentes tipos de incendio. (s.f.). <https://www.bio-ex.com/es/conocimientos/tipos-de-incendios/>

YPF. (2021). *Análisis Semi-Cuantitativo de Riesgos (HAZOP)*. Plaza Huincul, Argentina.

YPF. (2022). *Plan de emergencia*. Plaza Huincul, Argentina.

INGENIERÍA DE DETALLE

9. Ingeniería de detalle

9.1. Resumen ejecutivo

El presente capítulo detalla el diseño de ingeniería de un intercambiador de carcasa y tubos y de un separador bifásico horizontal, utilizados en la deshidrogenación de propano.

- Diseño del intercambiador de calor E-102, basado en el método de Kern y comparado con simulaciones en HTRI.
- Diseño del separador bifásico horizontal V-203, basado en el método de Souders-Brown y comparado con simulaciones en Hysys V.10.

Se determinaron dimensiones básicas, componentes elementales, selección de materiales, entre otras.

Se aplicaron normas ASME y TEMA para asegurar la seguridad y eficiencia del diseño.

9.2. Objetivos

- Se busca diseñar y especificar en detalle dos equipos, un intercambiador de calor de carcasa y tubo y un separador bifásico horizontal. Considerando memorias de cálculo, especificaciones técnicas, planos y hojas de datos.
- Además se complementa el capítulo con las hojas de datos de cada tipo de equipo que disponemos en la planta, definiendo parámetros y dimensiones mínimas para su diseño básico.

9.3. Intercambiador de calor

9.3.1. Introducción

Estos son los equipos más comúnmente encontrados en la industria, los cuales son utilizados para transferir calor de un fluido a otro, teniendo en cuenta que éste intercambio de energía se dará del fluido más caliente hacia el más frío.

En los intercambiadores de calor podemos tener una corriente de proceso que necesita enfriarse o calentarse y completar el procedimiento con un servicio auxiliar (agua de enfriamiento o vapor) o utilizando otra corriente de proceso, esto último tiene como ventaja una reducción de costos y eficiencia energética.

En este caso procederemos al diseño del intercambiador de calor E-102, perteneciente a la red de intercambio de calor del área A-100. El análisis pinch fue descrito en el [capítulo 5.4](#).

El más común en la industria para ser aplicado en condiciones exigentes de trabajo y donde se requieren grandes superficies de trabajo es un intercambiador de coraza y tubo.

El diseño mecánico se llevará a cabo aplicando la norma ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) Sección VIII – Recipientes a presión que normaliza las fórmulas de cálculo y métodos de diseño mecánico de los recipientes empleados en la industria de proceso; y recomendaciones de TEMA (Tubular Exchanger Manufacturer Association) que complementa a la normativa ASME en los aspectos constructivos específicos de los intercambiadores de calor.

Las recomendaciones TEMA se clasifican según su funcionalidad, propósito y características principales en:

- Tema R: es el más riguroso, normalmente se utiliza en aplicaciones de procesos del petróleo y relacionados.
- Tema C: es el más utilizado industrialmente y procesos comerciales, normalmente para procesos con requerimientos no muy elevados.
- Tema B: utilizado para procesos químicos, más riguroso que el tema C pero menos que el R.

En el [gráfico 55](#) se muestran las configuraciones de un intercambiador de calor de coraza y tubo, que se divide en tres columnas, la primera define el cabezal de entrada, la segunda muestra la coraza y la tercera ilustra el cabezal de salida.

9.3.2. Tipos de intercambiadores

- Intercambiador con cabezal de tubos estacionarios.
- Intercambiador con cabezal de tubos fijos con cabezales integrales.
- Intercambiador de cabezal flotante de arrastre.
- Intercambiador con tubos en U.
- Intercambiador de cabezal flotante de anillo seccionado.
- Intercambiador con empaquetadura externa.
- Intercambiador con empaquetadura exterior y anillo linterna BEW.

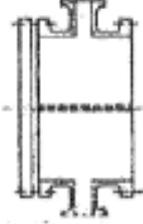
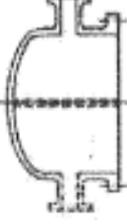
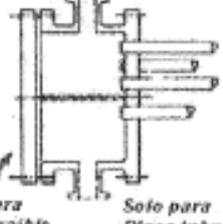
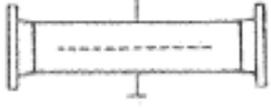
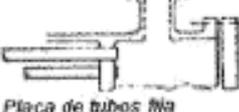
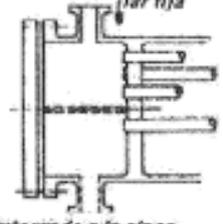
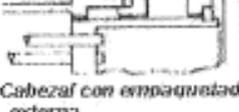
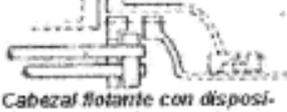
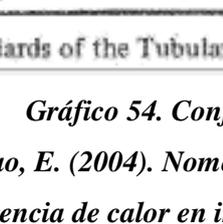
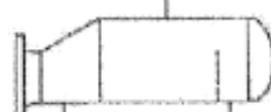
9.3.3. Partes constituyentes de un intercambiador de calor

9.2.3.1. Coraza

Es el cuerpo cilíndrico externo que envuelve al haz tubular, también conocida como envolvente, carcasa o Shell.

9.2.3.2. Placas tubulares

Se encuentran en los extremos de la coraza también se denominan placas porta tubos, suelen ser de considerable espesor y son atravesadas por los tubos de intercambio. La unión entre los tubos y las placas debe ser hermética para impedir que el fluido que se encuentra en uno de los lados de la placa pase al otro.

Cabezal anterior Tipos de cabezales estacionarios		Tipos de carcasa		Tipos de cabezal posterior	
A	 Canal con tapa	E	 Carcasa de un paso	L	 Placa de tubos fija como el cabezal "A"
B	 Bonete	F	 Carcasa de dos pasos con baffle longitudinal	M	 Placa de tubos fija como el cabezal "B"
C	 Sólo para haz extraíble	G	 Fajo Partido	N	 Placa de tubos fija como el cabezal "C"
	 Sólo para Placa tubular fija	H	 Fajo doble partido	P	 Cabezal con empaquetadura externa
D	 Canal integrado a la placa tubular con tapa	J	 Fajo dividido	S	 Cabezal flotante con dispositivo de respaldo
	 Cierre especial para alta presión	K	 Evaporador de marmita	T	 Cabezal flotante de arrastre
				U	 Mazo de tubos en U
				W	 Placa de tubos flotante con anillo interna

De "Standards of the Tubular Exchangers Manufacturers Association"

Gráfico 54. Configuraciones de intercambiadores de coraza y tubos.

Fuente: Cao, E. (2004). Nomenclatura para designar los tipos de intercambiador [Figura]. En transferencia de calor en ingeniería de procesos (p. 117). Buenos Aires: Nueva Librería.

9.2.3.3. Tubos

Los tubos empleados normalmente en la construcción de intercambiadores de calor responden a las normas dimensionales BWG (Birmingham Wire Gage), la misma normaliza los tubos por su diámetro exterior y por un número de serie que define el espesor del tubo.

Pueden utilizarse tubos que van desde $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm) hasta $1\frac{1}{2}$ " (38 mm). Sin embargo, casi todos se construyen utilizando tubos de $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm) o de 1" (25,4 mm).

No resulta aconsejable utilizar tubos de más de 6 m de longitud ya que la construcción se hace más dificultosa al igual que las operaciones de limpieza. Pero existen casos que es necesario mantener una configuración en contracorriente y se requiere una gran área de intercambio y se suelen usar longitudes de más de 20 m.

El material se elige según las características de los fluidos desde el punto de vista de integridad (por la corrosión). El material de los tubos está en contacto con ambos fluidos y debe ser resistente a ambos. El espesor del tubo se elige de acuerdo al cálculo mecánico según la presión y temperatura de operación, al espesor resultante se le suma un sobre espesor por corrosión que dependerá de los fluidos manejados y del material de tubos.

Los materiales más comunes suelen ser aceros al carbono, aceros aleados, aceros inoxidable, cobre, bronce, níquel y sus aleaciones.

El arreglo es la disposición geométrica de los tubos en la placa tubular. En general, los arreglos en triángulo permiten lograr mayores coeficientes de transferencia y presentan mayor caída de presión a diferencia de los arreglos en cuadro.

En los intercambiadores desarmables los arreglos en cuadro ofrecen la ventaja de permitir efectuar la limpieza del lado exterior de los tubos en forma mecánica.

9.2.3.4. Cabezal distribuidor o estacionario

Los cabezales actúan como colectores y distribuidores del fluido que circula por los tubos. La placa tubos está abulonada a los cabezales.

9.3.4. Diseño térmico y mecánico

Se procederá a detallar el cálculo de diseño aplicando el método Kern en el intercambiador de calor E-102, y a posterior comparar estos resultados con los obtenidos en el simulador HTRI.

9.2.4.1. Método Kern – Procedimiento

El primer paso consistió en obtener las propiedades físicas de la corriente caliente (116) y de la corriente fría (102) utilizando el simulador Aspen Hysys V.10. A continuación, se detallan estos datos en las tablas [105](#) y [106](#).

Tabla 105. Propiedades físicas del fluido frío

Fluido frío, corriente 102 – Por tubos		
Propiedad	Unidad	Valor
W_f - Flujo Másico	Kg/h	135.802,2
C_{pf} - Calor específico	kJ/kg*K	2,5
ρ_f – Densidad	Kg/m ³	7,1
μ_f – Viscosidad	Kg/m*s	0,000015
K_f – Conductividad térmica	W/m*K	0,0619
t₁ – Temperatura de ingreso	K	423,1
t₂ – Temperatura de egreso	K	498,1

Tabla 106. Propiedades físicas del fluido caliente

Fluido caliente, corriente 116 – Por coraza		
Propiedad	Unidad	Valor
W_c - Flujo Másico	Kg/h	135.801,8
C_{pc} - Calor específico	kJ/kg*K	3,4
ρ_c – Densidad	Kg/m ³	0,8
μ_c – Viscosidad	Kg/m*s	0,000022
K_c – Conductividad térmica	W/m*K	0,1
T₁ – Temperatura de ingreso	K	670,7
T₂ – Temperatura de egreso	K	610,9

Luego se procedió aplicar el balance de calor para calcular el flujo de calor intercambiado y se realizó el cálculo para determinar la media logarítmica de la temperatura DLMT.

Tabla 107. Flujo de calor intercambiado y DLMT

Fórmula	Unidad	Valor
Q =W _c *C _{pc} *(T ₁ – T ₂)	W=J/s	7.735.281,8
DLMT =(T ₁ -t ₂)-(T ₂ -t ₁)/ln[(T ₁ -t ₂)/(T ₂ -t ₁)]	Adimensional	180,1

Para determinar el factor de corrección de la media logarítmica de la temperatura, para el diseño adoptado de un intercambiador de calor 1-2, se deben calcular los números adimensionales R y S. Posteriormente, se debe consultar la figura 18 del apéndice (Kern, D., 1999) para obtener el valor final de "ft".

Tabla 108. Cálculo números adimensionales

Fórmula	Unidad	Valor
$R=(T_1 - T_2)/(t_2 - t_1)$	Adimensional	0,8
$S=(t_2 - t_1)/(T_1 - t_1)$	Adimensional	0,3

Tabla 109. Valor de Ft

De gráfica, el Ft es:	0,98
-----------------------	-------------

En las tablas [110](#) y [111](#) se presentan las características de diseño del intercambiador de calor propuesto, para continuar con el procedimiento de cálculo de Kern.

Tabla 110. Características de diseño lado coraza

Coraza		
Diseño	Unidad	Valor
D_s - Diámetro coraza	m	1,52
C' - Claro (distancia entre tubos adyacentes)	m	0,02
B - Separación entre baffles		1
Número de pasos por coraza		1

Tabla 111. Características de diseño lado tubos

Tubos		
Diseño	Unidad	Valor
D_o - Diámetro externo	m	0,032
D_i - Diámetro interno	m	0,03
Espesor BWG	mm	2,11
N - Número de tubos	-	525
L - Longitud	m	4,92
Arreglo	-	30 triángulo
Pt - Separación entre centro de tubos	m	0,06
n - Número de pasos por tubos	-	2

En las tablas [112](#) y [113](#) se efectúa el procedimiento de cálculo de Kern para lado coraza y lado tubos, respectivamente.

Para definir el valor de la resistencia de ensuciamiento se acude al apéndice 22 (Cao, E., 2004) siendo finalmente el valor de R_d igual a 0,0002 para gasolina y gases licuados de petróleo.

Se procede al cálculo del coeficiente global de transferencia de calor U y al área requerida del equipo A_{req} , como se visualiza en la [tabla 114](#).

Tabla 112. Método Kern lado coraza

Coraza		
Diseño	Unidad	Valor
D_e - Diámetro equivalente $D_e = 4 * [(0,5 * Pt * 0,86 * Pt - 0,5 * \pi * D_o^2 / 4) / 0,5 * \pi * D_o]$	m	0,1
A_s – Área de flujo $A_s = D_s * C' * B / Pt$	m ²	0,6
G_s – Velocidad másica $G_s = W_c / A_s$	Kg/s*m ²	66,8
Re - Número de Reynolds $Re = D_e / G_s * \mu_c$	-	284.994,7
Pr – Número de Prandtl $Pr = C_{pc} * \mu_c / K_c$	-	0,6
h_o – Coeficiente pelicular externo $h_o = 0,36 * Re^{0,55} * Pr^{0,33} * (K_c / D_e)$	W/m ² *K	404,5

Tabla 113. Método Kern lado tubos

Tubos		
Diseño	Unidad	Valor
A' – Área de flujo por tubo $A' = \pi * D_i^2 / 4$	m ²	0,0006
A_t – Área de flujo total $A_t = N * A' / n$	m ²	0,15
G_t – Velocidad másica $G_t = W_f / A_t$	Kg/s*m ²	243,1

Tubos		
Diseño	Unidad	Valor
Re - Número de Reynolds $Re=D_i/G_f*\mu_f$	-	451.286,5
Pr – Número de Prandtl $Pr= C_{pf} * \mu_f/ K_f$	-	0,6
h_i – Coeficiente pelicular interno $h_i=0,023*Re^{0,8}*Pr^{0,33}$	W/m ² *K	648,9
h_{io} – Coeficiente pelicular corregido $h_{io}=h_i*(D_i/D_o)$	W/m ² *K	560,7

Tabla 114. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor y área requerida del equipo

Diseño	Unidad	Valor
U – Coeficiente global de transferencia de calor $U=[(1/h_o)+(1/h_{io})+R_d]^{-1}$	W/m ² *K	224,4
A_{req} – Área requerida del equipo $A_{req}=Q/U*DLMT*F_t$	m ²	196,3

El área del equipo propuesto se calcula mediante el número, largo y diámetro interno de tubos, siendo el área disponible de intercambio.

Tabla 115. Cálculo del área del equipo y % de sobredimensionamiento

Diseño	Unidad	Valor
A – Área de equipo propuesto $A=\pi*D_i*L*N$	m ²	222,6
% Sobredimensionamiento $\%=(A-A_{req}/A_{req})*100$	%	13,4

Según el porcentaje de sobredimensionamiento del área del equipo propuesto versus el área del equipo requerido, se considera que es acorde y aceptable.

Finalmente, se efectúa el cálculo de las pérdidas de carga tanto en coraza como en tubos, y se determina que se encuentran dentro del rango permitido.

Tabla 116. Cálculo de pérdidas de carga lado coraza

Coraza		
Diseño	Unidad	Valor
f_s – Factor de fricción $f_s=1,728*Re^{-0,188}$	-	0,16
ΔP_s – Pérdida de carga por coraza $\Delta P_s=f_s*[(N_B+1)*D_s*G_s^2]/[2*D_e*\rho]$	kPa	7,22
Rango permitido de pérdida de carga por coraza	kPa	13,79

Tabla 117. Cálculo de pérdidas de carga lado tubos

Tubos		
Diseño	Unidad	Valor
f_t – Factor de fricción $f_t=0,0014+0,125*Re^{-0,32}$	-	0,003
ΔP – Pérdida de carga por tubos $\Delta P=4*f_t*n*(L/D_i)*(G_t^2/2*\rho)$	kPa	20
ΔP_r – Pérdida de carga por cambios de dirección en los cabezales $\Delta P_r=4*n*(G_t^2/2*\rho)$	kPa	33,4
ΔP_t – Pérdida de carga total	kPa	53,4
Rango permitido de pérdida de carga por tubos	kPa	68,9

9.2.4.2. Diseño con HTRI Xchanger Suite V 5.0

El procedimiento de diseño se desarrolla en varias etapas. En primer lugar, se extraen los datos de las corrientes caliente y fría del simulador Aspen Hysys. A continuación, se establecen los rangos de temperatura y presión para que el programa realice los cálculos necesarios sobre las propiedades de los fluidos.

Luego, se deben cargar datos mínimos tales como, tipo de intercambiador de calor según normas TEMA, por dónde circula el fluido caliente; longitud, diámetro externo y número de tubos; número de pasos por tubos, espesor y número de pitch. A partir de aquí, se corre la simulación en HTRI y se determina si el diseño es acorde a lo requerido.

Para comprobar que el diseño es adecuado se debe analizar el porcentaje de sobredimensionamiento del equipo (aceptable es un 25% de sobredimensionamiento), las velocidades de los fluidos tanto por tubos como por coraza (éstas no deberían superar los 40 m/s), las pérdidas de carga deben estar acordes a los rangos fijados inicialmente y finalmente se analizan que no hayan vibraciones en el equipo.

A posterior, se podrá ver en los gráficos [56](#), [57](#) y [58](#), los reportes con los resultados obtenidos del diseño del intercambiador de calor por HTRI V5.0.

Process Conditions		Hot Shellside		Cold Tubeside	
Fluid name		Corriente 116		Corriente 102	
Flow rate	(kg/s)		37,7229		37,7230
Inlet/Outlet Y	(Wt. frac vap.)	1,000	1,000	1,000	1,000
Inlet/Outlet T	(Deg C)	397,60	337,80	150,00	225,00
Inlet P/Avg	(kPa)	188,403	181,530	812,112	784,556
dP/Allow.	(kPa)	13,745	13,790	55,112	68,949
Fouling	(m2-K/W)		0,000200		0,000200
Exchanger Performance					
Shell h	(W/m2-K)	240,68	Actual U	(W/m2-K)	182,27
Tube h	(W/m2-K)	1355,91	Required U	(W/m2-K)	171,16
Hot regime	(--)	Sens. Gas	Duty	(MegaWatts)	7,5269
Cold regime	(--)	Sens. Gas	Area	(m2)	249,047
EMTD	(Deg C)	176,6	Overdesign	(%)	6,49
Shell Geometry			Baffle Geometry		
TEMA type	(--)	AHT	Baffle type	(--)	None
Shell ID	(mm)	1524,00	Baffle cut	(Pct Dia.)	
Series	(--)	1	Baffle orientation	(--)	
Parallel	(--)	1	Central spacing	(mm)	1188,97
Orientation	(deg)	0,00	Crosspasses	(--)	0

Gráfico 55. Reporte HTRI Diseño de intercambiador de calor

Tube Geometry			Nozzles		
Tube type	(-)	Plain	Shell inlet	(mm)	590,551
Tube OD	(mm)	31,750	Shell outlet	(mm)	590,551
Length	(m)	4,920	Inlet height	(mm)	185,408
Pitch ratio	(-)	1,8898	Outlet height	(mm)	70,170
Layout	(deg)	30	Tube inlet	(mm)	488,951
Tubecount	(-)	525	Tube outlet	(mm)	438,151
Tube Pass	(-)	2			

Thermal Resistance; %		Velocities; m/s		Flow Fractions	
Shell	75,72	Shellside	15,48	A	
Tube	15,51	Tubeside	38,21	B	0.775
Fouling	7,85	Crossflow	0,00	C	0.225
Metal	0,917	Window	16,06	E	
				F	

Gráfico 56. Reporte HTRI Diseño de conexiones y tubos

HTRI HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET						Page 1
						SI Units
Customer			Job No.			
Address			Reference No.			
Plant Location			Proposal No.			
Service of Unit			Date			14/4/2024
Size			Rev			
Surf/Unit (Gross/Eff)			Item No.			
Type			AHT			Horz.
Shell/Unit			Connected In			1 Paralel
Surf/Shell (Gross/Eff)			Surf/Shell (Gross/Eff)			257,64 / 249,05 m2
1			1			1 Series
PERFORMANCE OF ONE UNIT						
Fluid Allocation		Shell Side		Tube Side		
Fluid Name		Corriente 116		Corriente 102		
Fluid Quantity, Total		135802		135803		
Vapor (In/Out)		135802		135803		135803
Liquid						
Steam						
Water						
Noncondensables						
Temperature (In/Out)		397,60		150,00		225,00
Specific Gravity						
Viscosity		0,0217		0,0203		0,0148
Molecular Weight, Vapor						
Molecular Weight, Noncondensables						
Specific Heat		3,4290		3,2465		2,5164
Thermal Conductivity		0,1225		0,1115		0,0620
Latent Heat		232,590		232,590		232,590
Inlet Pressure		188,403		812,112		
Velocity		15,48		38,21		
Pressure Drop, Allow/Calc		13,790		13,745		68,949
Fouling Resistance (min)		0,000200		0,000200		
Heat Exchanged W		7526940		MTD (Corrected)		176,6 C
Transfer Rate, Service		171,16 W/m2-K		Clean		197,80 W/m2-K
				Actual		182,27 W/m2-K
CONSTRUCTION OF ONE SHELL				Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)		
Design/Test Pressure		1034,21 /		1034,21 /		
Design Temperature		C				
No Passes per Shell		4		2		
Corrosion Allowance		mm				
Connections		In mm		2 @ 590,551		
Size & Rating		Out mm		2 @ 590,551		
		Intermediate		@		
				@		
Tube No.		525		OD		31,750 mm
Tube Type		Plain		Thk(Avg)		2,108 mm
Shell		ID 1524,00 mm		Length		4,920 m
Channel or Bonnet		OD mm		Pitch		60,000 mm
Tubesheet-Stationary				Layout		30
Floating Head Cover				Material		CARBON STEEL
Baffles-Cross		Type NONE		Shell Cover		
Baffles-Long		%Cut (Diam)		Channel Cover		
Supports-Tube		Seal Type		Tubesheet-Floating		
Bypass Seal Arrangement		U-Bend		Impingement Plate		Circular plate
Expansion Joint		Type		Spacing(c/c)		1188,97
Rho-V2-Inlet Nozzle		Bundle Entrance		Inlet mm		
Gaskets-Shell Side		0,00				
-Floating Head		0,00				
Code Requirements				TEMA Class		
Weight/Shell		16321,3		Filled with Water		28553,8
				Bundle		6385,08
						kg

Gráfico 57. Reporte final de diseño en HTRI

Y, en los gráficos [59](#) y [60](#) se observa un plano detallado del intercambiador de calor y de la placa de tubos, respectivamente.

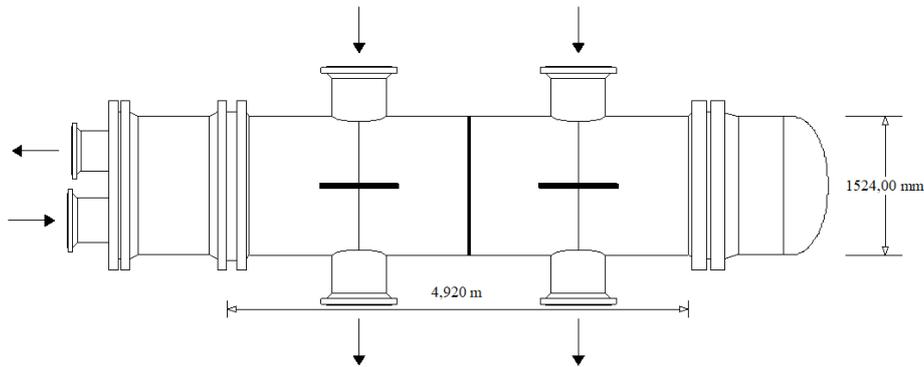


Gráfico 58. Plano de intercambiador de calor de coraza y tubo

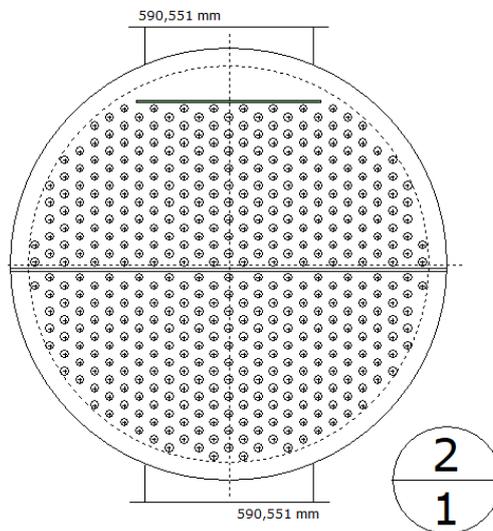


Gráfico 59. Plano de placa tubos

9.3.5. Comparación del Diseño con HTRI V 5.0 y Método de Kern

Como se puede visualizar en la tabla 118, el cálculo de diseño aplicando el Método de Kern y el cálculo de diseño a través del uso del simulador HTRI V.5, no tiene grandes diferencias en nuestro proyecto.

Lo principal a destacar es que las pérdidas de carga calculadas de ambas formas, tanto en lado tubos como en lado coraza, están dentro del rango establecido por bibliografía que es de 10 lb/pulg² (68,95 kPa).

De la misma forma el sobredimensionamiento es mucho menor que 25% recomendable para un intercambiador de calor.

Lo más notable se encuentra dentro de las superficies de intercambio, con una diferencia de 52,75 m², quedando mayor en la corrida con el simulador.

En conclusión, para obtener la máxima confiabilidad en el diseño de un intercambiador de calor, especialmente en proyectos complejos, el simulador HTRI es generalmente preferible debido a su precisión y versatilidad. Sin embargo, el método Kern puede ser útil para estimaciones rápidas y diseños preliminares donde la simplicidad y rapidez son importantes.

Tabla 118. Comparación entre método Kern y HTRI

Intercambiador de calor E-102		
	Método de Kern	HTRI V5.0
Calor intercambiador [W]	7.735.281,8	7.526.940
DLTM [°C]	180,1	176,6
Coefficiente global de transferencia de calor [W/m ² *K)	224,4	182,3
Área de intercambio de calor [m ²]	196,3	249,05
S52obredimensionamiento [%]	13,4	6,5
Pérdida de carga por tubos [kPa]	53,4	55,1
Pérdida de carga por coraza [kPa]	7,2	13,7

9.4. Separador bifásico horizontal

Los separadores tal como su nombre lo indica se utilizan en la industria para separar una mezcla de líquido y gas.

El grado de separación entre el gas y el líquido dependerá de la presión operativa, del tiempo de residencia de la mezcla de fluido y el tipo de flujo de fluido. El flujo turbulento permite que se escapen más burbujas que en el flujo laminar.

9.4.1. Clasificación:

- Según las fases que separan: los separadores bifásicos son aquellos que solamente separan un líquido de un gas, como será en nuestro caso. También existen separadores trifásicos que separan gas, petróleo y agua. Los primeros son los más comunes.
- Según la forma: pueden ser cilíndricos o esféricos, estos últimos más utilizados en pozos de gas y altas presiones.

- Según la posición: para el caso de los separadores cilíndricos, estos pueden posicionarse vertical u horizontalmente.
- Según las condiciones operativas: pueden ser de baja, media o alta presión.

9.4.2. Ventajas y desventajas:

Tabla 119. Ventajas y desventajas entre separadores verticales y horizontales

	Separadores Verticales	Separadores Horizontal
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manejan grandes cantidades de arena, lodo y otros sólidos, siendo fáciles de limpiar. ▪ El control de nivel de líquido no es muy crítico, permitiendo el uso de flotadores verticales para un control más sensible. ▪ Tienen gran capacidad de manejo de líquidos y oleaje. ▪ Hay menor tendencia de re vaporización de líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Son más económicos que los verticales. ▪ Son más fáciles de transportar e instalar que los verticales. ▪ Para una capacidad de gas dada, su diámetro es menor que el de un separador vertical. ▪ Tienen mayor capacidad para manejar grandes volúmenes de gas que los verticales.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Son más costosos que los horizontales. ▪ Son más difíciles de transportar e instalar que los horizontales. ▪ Requieren diámetros mayores que los horizontales para manejar la misma cantidad de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El control de nivel de líquido es más crítico que en los separadores verticales. ▪ No son adecuados para manejar flujos con alto contenido de sólidos como arena o lodo, ya que es difícil limpiarlos.

A partir de la tabla presentada se considera recurrir a un separador horizontal dado que es muy bien utilizado para altos caudales de flujo, requieren diámetros menores que los verticales para una misma cantidad de gas y son mucho más económicos.

9.4.3. Principio de operación

Las fuerzas de gravedad gobiernan el proceso de separación. La separación se logra cuando la fuerza gravitacional que actúa sobre las gotas de líquido es mayor que la fuerza de arrastre del fluido de gas sobre la gota. Por lo tanto, cuando se diseña es necesario tratar de obtener una velocidad de gas menor que la crítica.

Los principios fundamentales para realizar la separación física de gas, líquidos o sólidos son: el momentum o cantidad de movimiento, fuerza de gravedad y la coalescencia. Toda separación puede emplear uno o más de estos principios, pero siempre las fases de los fluidos deben ser inmiscibles o de diferentes densidades para que ocurra la separación.

- Cantidad de movimiento: fluidos con diferentes densidades tienen diferentes momentum. Si una corriente de dos fases se cambia bruscamente de dirección, el fuerte momentum o la gran velocidad adquirida por las fases, no permiten que las partículas de la fase pesada se muevan tan rápidamente como las de la fase liviana, este fenómeno provoca la separación.
- Fuerza de gravedad: las gotas de líquido se separan de la fase gaseosa, cuando la fuerza gravitacional que actúa sobre las gotas de líquido es mayor que la fuerza de arrastre del fluido de gas sobre la gota.
- Coalescencia: las gotas muy pequeñas no pueden ser separadas por gravedad. Se instalan mallas, filtros, platos y en algunos casos materiales fibrosos que hacen que el gas y las gotas pasen a través de estos elementos tengan un camino tortuoso haciendo que las gotas de líquido se queden en estos dispositivos, una vez que se junten entre ellas y forman gotas de mayor tamaño tal que la fuerza de gravedad es capaz de vencer la fuerza de arrastre del gas y caigan al fondo del separador.

9.4.4. Etapas de separación

- Separación primaria: la corriente de fluidos que entra al separador proviene a alta velocidad, lo que ocasiona una turbulencia entre las fases, aquí se separa la mayor parte del líquido del gas y reduce la turbulencia del flujo, debido a un cambio en la dirección que se logra con una entrada tangencial del fluido al separador por medio de una placa desviadora, dando fuerza centrífuga al flujo. Ésta sería la etapa 1 del [gráfico 61](#).
- Separación secundaria: separa la máxima cantidad de gotas de líquido de la corriente de gas que fluye por la parte superior del recipiente. Como la turbulencia del flujo es mínima, las gotas líquidas se separan por gravedad, para lo cual el equipo debe tener suficiente longitud. La eficiencia de esta sección depende de las propiedades del gas y del líquido, del tamaño de las partículas y el grado de turbulencia del gas. El grado de turbulencia debe ser reducido al mínimo, medido por el número de Reynolds, algunos diseños incluyen desviadores internos para reducir la turbulencia y disipar la espuma. Ésta sería la etapa 2 del [gráfico 61](#).
- Extracción de niebla: separa del flujo de gas las gotas pequeñas de líquido que no se eliminan en las secciones primaria y secundaria utilizando el efecto de choque y/o la

fuerza centrífuga, con lo que se logra que las pequeñas gotas de líquido se colecten y se acumulen sobre una superficie, formando otras más grandes que precipitan a la sección de acumulación de líquido. Ésta sería la etapa 3 del [gráfico 61](#).

- Almacenamiento de líquido: almacena y descarga el líquido separado de la corriente de gas. Debe tener la capacidad suficiente para manejar los baches de líquido que pueden ocurrir en una operación normal y la instrumentación requerida para controlar el nivel en el separador, compuesta por un indicador de nivel, un flotador y una válvula de descarga.

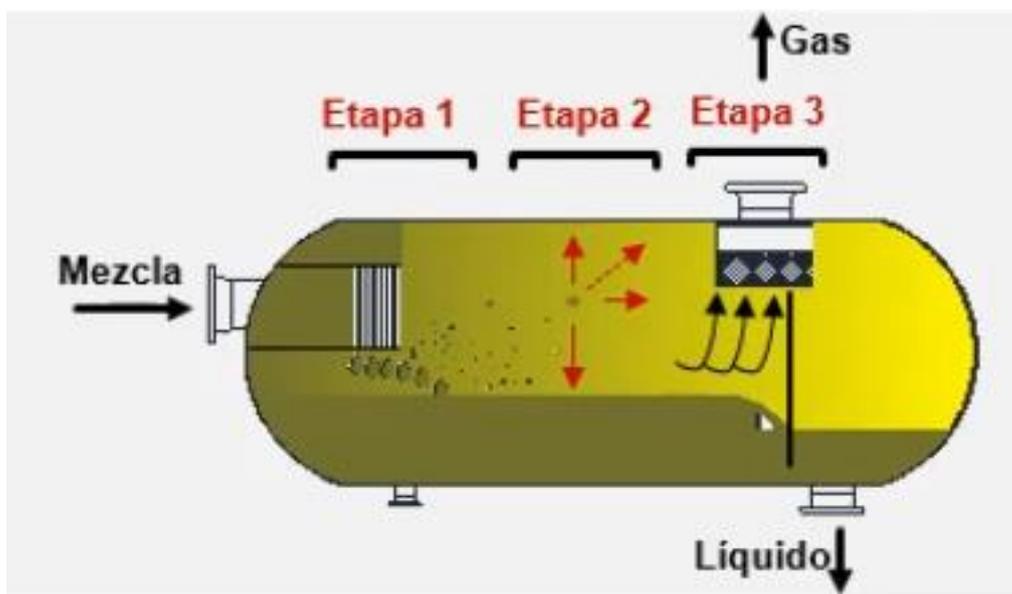


Gráfico 60. Representación ilustrativa de las etapas de separación

Fuente. Imagen obtenida de Youtube. (27 de septiembre de 2020). Cómo calcular un separador LIQUIDO-VAPOR. <https://www.youtube.com/watch?v=08b2kJZhXKk>

9.4.5. Diseño general de separadores:

- 1- Obtención de la información de proceso (propiedades de los flujos) y de la función que van a realizar los separadores. Se requiere: densidad, viscosidad, flujo, presión y temperatura de operación.
- 2- Definición del tipo de separador y del servicio.
- 3- Selección de los criterios de diseño para el servicio requerido, consideraciones adicionales y configuración del separador.
- 4- Dimensionamiento del recipiente: velocidad crítica del vapor, área requerida para el flujo de vapor, relación L/D, volumen de retención de líquido en el recipiente, diseño y especificación de internos y volumen del recipiente.

- 5- Definición y dimensionamiento de boquillas de entrada y de salida.
- 6- Especificación de internos faltantes del separador.

9.4.6. Mecanismos de seguridad

En caso de una sobrepresión, se instalan dispositivos que proporcionan un venteo de emergencia a la atmósfera. Para prevenir este tipo de fallas el separador se diseña con una válvula de seguridad y un disco de ruptura. La válvula de alivio normalmente está configurada como la presión de trabajo máxima permitida (MAWP), mientras que el disco de ruptura se selecciona para aliviar por encima de la presión establecida de la válvula de alivio.

9.4.7. Sistemas de alarmas

Los separadores están provistos de un interruptor de alto nivel (LSH), un interruptor de bajo nivel (LSL) y un interruptor por alta presión (PSH). La activación de alguno de estos tres switches provoca el cierre del separador, alarma sonora y visualización del problema en el respectivo panel.

También se instalan en los separadores, un termómetro, un manómetro y mirillas para visualización de nivel de líquido.

9.4.8. Accesorios internos de un separador gas-liquido:

- Placas de choque: utilizadas en la entrada del separador para efectuar la separación primaria, la corriente entrante de fluido choca contra la superficie de la placa, donde algunas pequeñas gotas de líquido se aglomeran y descienden como gotas más grandes, llevándose a cabo el principio de separación por gravedad.
- Placas alineadoras de flujo: en algunos se incluye un dispositivo en la entrada, fabricado con planchas paralelas colocadas en forma de jaula para disminuir las turbulencias producidas por la placa de choque o la fuerza centrífuga resultante de una entrada tangencial.
- Eliminadores de neblina: pueden ser mallas metálicas o plásticas, son laminas dispuestas en espiral, zigzag o cualquier forma compleja con el fin de que el fluido que pase por ella encuentre el mayor número de obstáculos y así logre atrapar las gotas de líquidos que han sido arrastradas por el gas.

9.4.9. Cálculo dimensional

Es el método más fácil para el diseño dado su simplicidad y efectividad en proporcionar un diseño inicial adecuado para muchos tipos de separadores bifásicos.

A continuación, se aplica el método con su paso a paso:

1. Determinar Densidades:

Obtener las densidades del gas y del líquido a las condiciones de operación mediante el simulador Hysys.

$$\delta g = 14,37 \frac{kg}{m^3}$$

$$\delta l = 524,9 \frac{kg}{m^3}$$

2. Suponer un diámetro y un largo, los cuales serán verificados con el cálculo.

Inicialmente estos datos fueron obtenidos a partir del simulador utilizando el “Equipment Design”, luego se definieron mediante prueba y error. Siempre teniendo en cuenta una relación L/D=3.

$$D=90'' ; L=22,5 \text{ ft}$$

3. Calcular el área disponible para el flujo de gas, suponiendo que el separador opera un 40% inundado con líquido. Por lo tanto, un 40% del área transversal será ocupada por el líquido y el 60% restante por el flujo de gas.

$$Ad = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$Ad = \frac{\pi * (90'')^2}{4}$$

$$Ad = 6.361,7 \text{ pulg}^2 = 4,104 \text{ m}^2$$

Área ocupada por el gas:

$$Ad, g = 4,104 * 0,6$$

$$Ad, g = 2,462 \text{ m}^2$$

Área ocupada por el líquido:

$$Ad, l = 4,104 * 0,4$$

$$Ad, l = 1,642 \text{ m}^2$$

4. Seleccionar la constante K

→ Se obtuvo de la tabla API 12J – Tabla C1. “K” es el factor para determinar la velocidad superficial máxima permitida.

Para un separador del tipo horizontal y una longitud diferente a 10 ft (0,305 m) se utilizó la ecuación indicada en la [tabla 120](#).

La distancia efectiva para la separación del gas de la fase líquida es aquella entre la placa de choque y el primer eliminador de niebla que se utilice, siendo una longitud de 7,874 ft (2,4 m).

Tabla 120. Factor K para determinación de Velocidad superficial máxima admisible.

Nota. Información obtenida de American Petroleum Institute [API]. (1.989).

Tipo de separador	Longitud (L) en ft	Rango de factor K típico
Horizontal	10	0,4 a 0,5
	Otras longitudes	$0,4 \text{ a } 0,5 * (L/10)^{0,56}$

$$K = 0,5 * (L/10)^{0,56} = 0,5 * \left(\frac{7,874}{10}\right)^{0,56}$$

$$K = 0,437 \frac{ft}{s} = 0,133 \frac{m}{s}$$

5. Calcular la Velocidad Superficial del Gas

$$v_s = K * \sqrt{\frac{\delta l - \delta g}{\delta g}} = 0,133 \frac{m}{s} * \sqrt{\frac{524,9 - 14,37}{14,37}} = 0,793 \frac{m}{s}$$

6. Calcular el caudal de gas a las condiciones de operación

$$\text{Flujo de gas estándar: } Q_{g, \text{std}} = 2.522.400 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$Q_{g, \text{std}} = Q_g * \frac{T_{\text{std}}}{T_{\text{op}}} * \frac{P_{\text{std}}}{P_{\text{op}}} * \frac{Z_{\text{std}}}{Z_{\text{op}}}$$

$$Q_g = 2.522.400 \frac{m^3}{\text{día}} * \frac{278,15}{288,15} * \frac{1,033}{15,91} * 0,9409$$

$$Q_g = 148.746,93 \frac{m^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}$$

$$Q_g = 1,72 \frac{m^3}{s}$$

7. Determinar el Área de flujo mínima para el gas

$$A_{min, g} = \frac{Q_g}{v_s} = \frac{1,72 \frac{m^3}{s}}{0,793 \frac{m}{s}} = 2,17 m^2$$

Entonces, el área de flujo mínima para el gas ($A_{min,g}$) es menor que el área disponible para el gas ($A_{d,g}$), por lo tanto las dimensiones propuestos verifican para procesar nuestro gas.

8. Calcular el caudal máximo de líquido

La capacidad de separación del líquido está dada en función del tiempo de retención necesario para la separación y del área de interfaz líquido-gas disponible.

Para $^{\circ}API > 35$ se supone que no hay formación de espuma y el tiempo de retención es de un minuto.

$$V_{liq} = A_{d,l} * L = 1,642 m^2 * 6,858 m$$

$$V_{liq} = 11,26 m^3$$

$$Q_l = \frac{V_{liq}}{tr} * 1.440$$

$$Q_l = \frac{11,26 m^3}{1 \text{ min}} * 1.440 \frac{\text{min}}{\text{día}}$$

$$Q_l = 16.214,4 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Entonces, el caudal máximo de líquido con el que puede trabajar este recipiente es mayor que el caudal real existente (10.065,6 m³/día), por lo tanto las dimensiones propuestos verifican para procesar el líquido.

9. Calculo de diámetro de boquillas

Para determinar el diámetro de las conexiones de entrada y de salidas, es necesario definir velocidades máximas permitidas, obtenidas de la norma API 12J detalladas a continuación y los caudales que atravesaran estas boquillas obtenidas del simulador Hysys.

Tabla 121. Velocidades máximas permitidas

Conexión/Boquilla	Velocidad máxima permitida	Unidad
Ingreso bifásico, separador con extractor de niebla.	$\leq 60/(\rho_{mezcla})^{0,5}$	ft/s
Salida de líquido.	≤ 15	ft/s
Salida de gas.	$\leq 60/(\rho_{gas})^{0,5}$	ft/s

Tabla 122. Caudales que atraviesan las boquillas

Servicio	Caudal (m ³ /s)	Densidad (kg/m ³)
Ingreso bifásico, separador con extractor de niebla.	0,18225	45,83
Salida de líquido.	0,1156	524,9
Salida de gas.	0,067	14,37

Se procede a calcular las velocidades máximas, el área y a posterior el diámetro de cada boquilla:

Tabla 123. Cálculo de diámetro de boquilla

Servicio	Velocidad máxima permitida (ft/s)	Velocidad máxima permitida (m/s)	Área (m ²)	Diámetro (m)	Diámetro (pulg)	Diámetro de boquilla (pulg)
Ingreso bifásico, separador con extractor de niebla.	8,82	2,7	0,0675	0,293	11,54	12
Salida de líquido.	15	4,572	0,025	0,178	7,02	8
Salida de gas.	15,83	4,825	0,014	0,134	5,3	6

9.4.10. Cálculo dimensional – Hysys V.10

Utilizando la herramienta Equipment Design disponible en el simulador, se realiza el cálculo dimensional del recipiente V-203, a continuación se podrán visualizar los resultados.

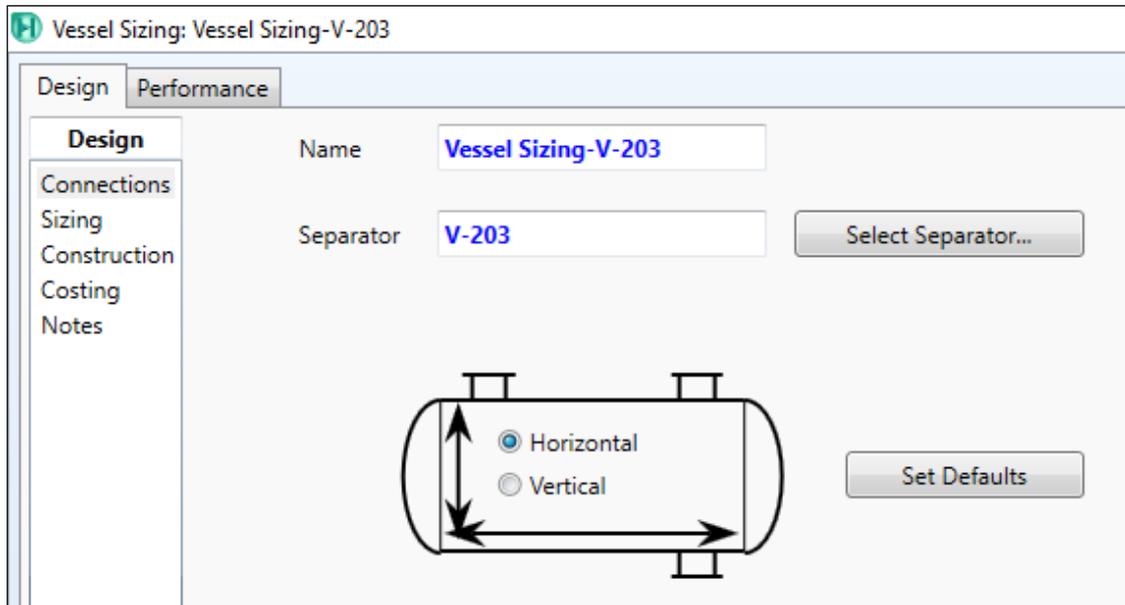


Gráfico 61. Definición de separador del tipo horizontal

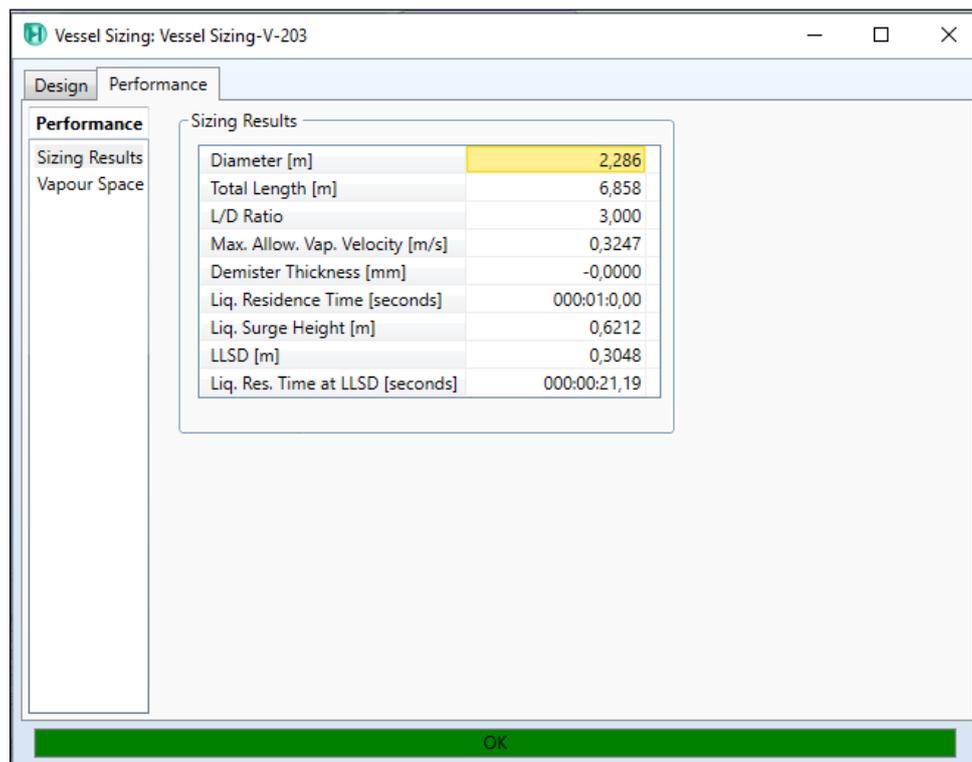


Gráfico 62. Diseño del separador en Hysys

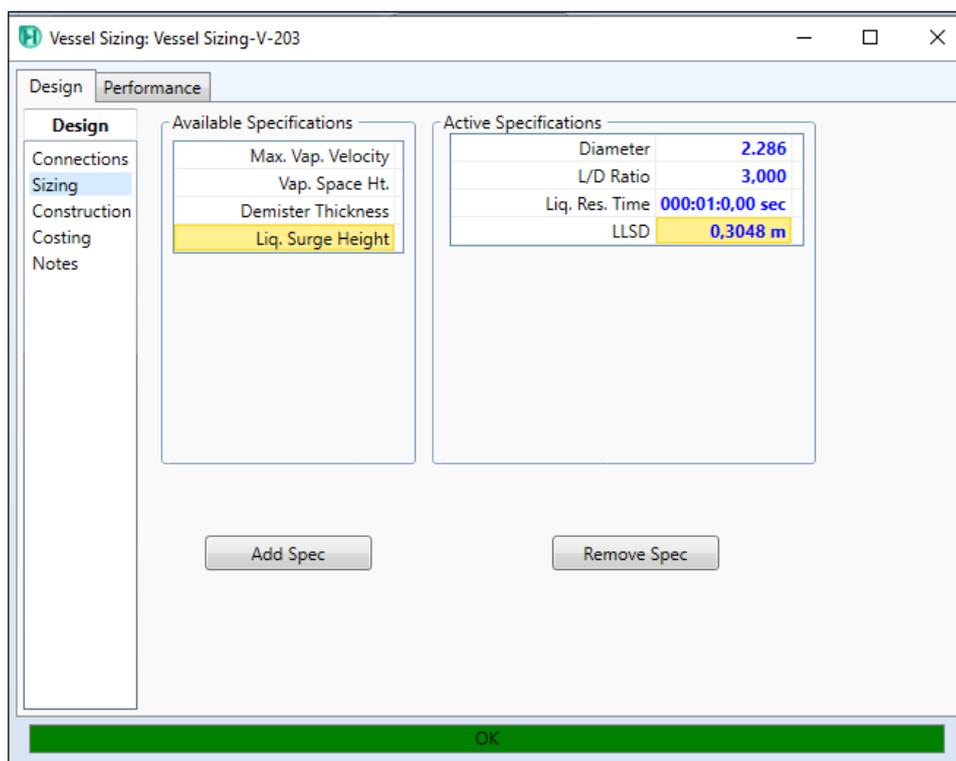


Gráfico 63. Diseño de separador en Hysys, 2.

9.4.11. Parámetros de diseño

Para la determinación de los parámetros de diseño nos enfocamos en la norma ASME VIII División 1.

9.3.11.1. Presión de diseño externa

Dado que la presión operativa del equipo es menor que 300 Psi, entonces la presión de diseño será 30 Psi superior.

$$Pd = Pop + 30 \text{ psi}$$

$$Pd = 226,3 + 30 \text{ psi}$$

$$\mathbf{Pd = 256,3 \text{ psi}}$$

9.3.11.2. Presión de prueba hidráulica

La presión de prueba hidráulica aplicada no será menos de 1,3 veces la presión de diseño externa especificada según UG-99 de la norma ASME VIII Div. 1.

$$P_{ph} = 1,3 * P_d$$

$$P_{ph} = 1,3 * 256,3 \text{ psi}$$

$$\mathbf{P_{ph} = 333,2 \text{ psi}}$$

9.3.11.3. Temperatura de diseño

Según UG-20 de la norma ASME VIII Div. 1, la temperatura de diseño no debe ser superior a 345 °C ni inferior a -29 °C.

9.3.11.4. Materiales de construcción

Según ASME II Parte A Vol.2 se define que el material de construcción del recipiente será SA-516-Gr 70, que es una especificación estándar para recipientes a presión, un acero al carbono para servicios a temperaturas moderadas y bajas.

9.4.12. Diseño mecánico

9.3.12.1. Cálculo de espesor

El espesor mínimo para carcasas cilíndricas será el espesor mayor calculado en (1) o (2).

Se tiene en cuenta que el esfuerzo de los cuerpos cilíndricos sometidos a presión interna se puede dividir en dos, tanto los esfuerzos tangenciales como longitudinales.

Tensión tangencial:

$$\tau = \frac{Pd * r}{S * E - 0,6Pd} \quad (1)$$

Tensión longitudinal:

$$\tau = \frac{Pd * r}{2 * S * E + 0,4Pd} \quad (2)$$

Dónde:

R= radio interno del separador.

τ = espesor mínimo requerido de la pared del separador.

Pd= presión de diseño.

E= eficiencia de la soldadura, se puede definir como el grado de confiabilidad de estas. El más utilizado es 0,85.

S= se toma de la norma ASME y es la tensión máxima admisible a la que se puede someter el material de un recipiente, es función de la temperatura.

Para un acero al carbono SA-516 Gr-70, la tensión admisible representativa en un rango de temperatura de -20 a 650 °F (-6 a 343 °C) es de 17,5 kilopondios/pulg². (ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Part D, 2019).

$$S=17,5 \text{ kilopondio/pulg}^2$$

$$S=160.581,55 \text{ lbf/pulg}^2$$

Tensión tangencial:

$$\tau = \frac{Pd*r}{S*E-0,6Pd} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{256,3 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2} * 114,3 \text{ cm}}{160.581,55 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 0,85 - 0,6 * 256,3 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = \frac{29.295,09 \frac{\text{lb}}{\text{cm}}}{136.494,32 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} - 153,78 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = \frac{29.295,09 \frac{\text{lb}}{\text{cm}}}{136.494,32 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 0,155 \frac{\text{pulg}^2}{\text{cm}^2} - 153,78 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = \frac{29.295,09 \frac{\text{lb}}{\text{cm}}}{21.002,8 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = 1,39 \text{ cm} = 13,9 \text{ mm}$$

Tensión longitudinal:

$$\tau = \frac{Pd*r}{2*S*E+0,4Pd} \quad (2)$$

$$\tau = \frac{256,3 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2} * 114,3 \text{ cm}}{2 * 160.581,55 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 0,85 + 0,4 * 256,3 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = \frac{29.295,09 \frac{\text{lb}}{\text{cm}}}{272.988,635 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} + 102,52 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2}}$$

$$\tau = \frac{29.295,09 \frac{lb}{cm}}{272.988,635 \frac{lb}{pulg^2} * 0,155 \frac{pulg^2}{cm^2} + 102,52 \frac{lb}{cm^2}}$$

$$\tau = \frac{29.295,09 \frac{lb}{cm}}{42.415,76 \frac{lb}{cm^2}}$$

$\tau = 0,69 \text{ cm} = 6,9 \text{ mm}$

El valor del espesor de pared del recipiente será de 13,9 mm, a este valor se le suman 3,2 mm de sobre espesor por corrosión.

9.3.12.2. Diámetro externo del recipiente

Es la suma del diámetro interno y el espesor de las paredes.

$$D_{ext} = D_{int} + 2 * \tau$$

$$D_{ext} = 2.286 \text{ mm} + 2 * 17,1 \text{ mm}$$

$D_{ext} = 2.320,2 \text{ mm}$

9.3.12.3. Espesor de cabezales

Los cabezales seleccionados para el diseño serán del tipo elipsoidales.

El cálculo del espesor de las paredes de los cabezas se obtiene por fórmulas establecidas en UG-32 de la Norma ASME VIII Div.1.

El factor de soldadura será igual a 1.

$$\tau = \frac{Pd * D_{int}}{2 * S * E - 0,2Pd}$$

$$\tau = \frac{256,3 \frac{lb}{cm^2} * 228,6 \text{ cm}}{2 * 160.581,55 \frac{lb}{pulg^2} * 1 - 0,2 * 256,3 \frac{lb}{cm^2}}$$

$$\tau = \frac{58.590,18 \frac{lb}{cm}}{321.163,1 \frac{lb}{pulg^2} * 1 - 51,26 \frac{lb}{cm^2}}$$

$$\tau = \frac{58.590,18 \frac{lb}{cm}}{321.163,1 \frac{lb}{pulg^2} * 0,155 \frac{pulg^2}{cm^2} - 51,26 \frac{lb}{cm^2}}$$

$$\tau = \frac{58.590,18 \frac{lb}{cm}}{49.780,28 \frac{lb}{cm^2} - 51,26 \frac{lb}{cm^2}}$$

$$\tau = \frac{58.590,18 \frac{lb}{cm}}{49.729,02 \frac{lb}{cm^2}}$$

$$\tau = 1,18 \text{ cm} = \mathbf{11,8 \text{ mm}}$$

El valor del espesor de pared de los cabezales será de 11,8 mm, a este valor se le suman 3,2 mm de sobre espesor por corrosión.

9.3.12.1. Altura de cabezales

Para el caso de cabezales del tipo elipsoidales, se utiliza la siguiente fórmula para determinar la altura de los mismos:

$$h = \frac{D_{int}}{4}$$

$$h = \frac{2.286 \text{ mm}}{4}$$

$$\mathbf{h = 571,5 \text{ mm} = 0,5715 \text{ m}}$$

La altura total de los cabezales, es la altura más el espesor de los mismos:

$$ht = 571,5 \text{ mm} + 15 \text{ mm}$$

$$\mathbf{ht = 586,5 \text{ mm} = 0,5865 \text{ m}}$$

9.3.12.2. Peso del recipiente

El cálculo se realiza a partir de la densidad, el material y el volumen ocupado por las paredes, para ello se necesita conocer el volumen interno y externo del equipo.

Volumen interno

$$V_{int} = \pi * \frac{D_{int}^2}{4} * L$$

$$V_{int} = \pi * \frac{(2,286 \text{ m})^2}{4} * 6,858 \text{ m}$$

$$\mathbf{V_{int} = 28,14 \text{ m}^3}$$

Volumen externo

$$V_{ext} = \pi * \frac{D_{ext}^2}{4} * L$$
$$V_{ext} = \pi * \frac{(2,3202 \text{ m})^2}{4} * 6,858 \text{ m}$$
$$\mathbf{V_{ext} = 28,99 m^3}$$

Volumen del cilindro

$$V_c = V_{ext} - V_{int}$$
$$V_c = 28,99 \text{ m}^3 - 28,14 \text{ m}^3$$
$$\mathbf{V_c = 0,85 m^3}$$

Para el cálculo de volumen de los cabezales, se utiliza la fórmula de un semielipsoide:

Volumen interno del cabezal

$$V_{int,c} = \frac{2}{3} * \pi * \frac{D_{int}^2}{4} * h$$
$$V_{int,c} = \frac{2}{3} * \pi * \frac{(2,286 \text{ m})^2}{4} * 0,5715 \text{ m}$$
$$\mathbf{V_{int,c} = 1,56 m^3}$$

Volumen externo del cabezal

$$V_{ext,c} = \pi * \frac{D_{ext}^2}{4} * h$$
$$V_{ext,c} = \frac{2}{3} * \pi * \frac{(2,3202 \text{ m})^2}{4} * 0,5715 \text{ m}$$
$$\mathbf{V_{ext,c} = 1,61 m^3}$$

Volumen del cabezal

$$V_{cab} = V_{ext,c} - V_{int,c}$$
$$V_{cab} = 1,61 \text{ m}^3 - 1,56 \text{ m}^3$$
$$\mathbf{V_{cab} = 0,05 m^3}$$

Volumen total del recipiente

$$\begin{aligned}V_{total} &= V_c + 2 * V_{cab} \\V_{total} &= 0,98 \text{ m}^3 + 2 * 0,05 \text{ m}^3 \\ \mathbf{V_{total} &= 1,08 \text{ m}^3}\end{aligned}$$

Peso del recipiente vacío

$$\begin{aligned}P_{vacio} &= \rho_{material} * V_{total} \\P_{vacio} &= 7.850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,08 \text{ m}^3 \\ \mathbf{P_{vacio} &= 8.478 \text{ kg}}\end{aligned}$$

Peso equipo con agua

Se calcula suponiendo el volumen interno lleno de agua más el peso de las paredes.

$$\begin{aligned}P_{lleno} &= P_{int \text{ con agua}} + P_{vacio} \\P_{lleno} &= V_{total} * \rho_{agua} + P_{vacio} \\P_{lleno} &= 1,08 \text{ m}^3 * 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 8.478 \text{ kg} \\ \mathbf{P_{lleno} &= 9.554,76 \text{ kg}}\end{aligned}$$

9.3.12.3. Soportes

Los separadores horizontales requieren silletas para su soporte y montaje.

Para su diseño y selección se deben considerar factores como la capacidad de carga, la estabilidad y compatibilidad con el recipiente.

Los soportes deben proporcionar un soporte adecuado y evitar deformaciones y asegurar una instalación estable y segura.

El número de silletas dependerá del tamaño y peso del recipiente. En el apéndice G de la norma ASME VIII Div. 1, se indica que las silletas se extenderán por lo menos un tercio de la circunferencia del recipiente. Los soportes deben ser tan pocos como sea posible, preferiblemente dos en la longitud del separador.

9.3.12.4. Orejas de izaje

Las orejas deberán diseñarse para soportar las cargas de izaje durante el transporte y montaje del separador.

Generalmente se colocan dos orejas, una en cada extremo del separador.

9.3.12.5. Boca de hombre

La boca de hombre se utiliza para realizar inspecciones y mantenimientos. Para nuestro recipiente horizontal de 90” de diámetro aproximadamente, se utilizará una boca de hombre de 24”.

9.5. Hojas de datos

A continuación se anexan hojas de datos de cada uno de los equipos de los que disponemos en la planta, que nos indican parámetros de operación y de diseño y dimensiones mínimas necesarias para el diseño básico de los mismos.

Tabla 124. Hoja de datos para intercambiador de calor

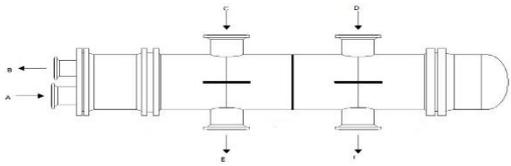
		Hoja de datos Intercambiador		Producción de Propileno	
AREA 100			Equipo: E-102		
TIPO: Intercambiador de coraza y tubos.					
SERVICIOS: (Propano-H2) y (Propano-H2-Propileno)					
OBJETIVO: precalentar la alimentación.					
DATOS DE OPERACIÓN	TUBOS			CORAZA	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	
Corriente	102	103	116	117	
Fluido	Frio		Caliente		
Densidad (kg/m ³)	7,08	5,45	0,83	0,85	
Viscosidad (cP)	0,015	0,017	0,022	0,020	
Temperatura operativa	150	225	397,6	337,8	
Presión Operativa (kPa)	812,1		188,4		
Caudal másico (kg/h)	135.802			135.802	
DATOS DE DISEÑO	TUBOS			CORAZA	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	
Temperatura de diseño					
Caída P permitida/calc (kPa)	68,95	55,11	13,79	13,75	
Espesor (mm)	2,11				
Material de construcción	Acero al carbono				
Largo de tubos (m)	4,92				
Do-Di./coraza (m)	0,032-0,03		1,52		
Nº de tubos	525				
Pt (Separación entre centros) m	0,06				
Arreglo	30 triángulo				
Nº de pasos	2		1		
Código de diseño	AHT				
TABLA DE CORRIENTES					
Marca	Diámetro	Cantidad	Denominación		
A	18"	1	ENTRADA PROPANO/HIDROGENO		
B	20"	1	SALIDA PROPANO/HIDROGENO		
C	24"	1	ENTRADA PROPANO/HIDROGENO/PROPILENO		
D	24"	1	ENTRADA PROPANO/HIDROGENO/PROPILENO		
E	24"	1	SALIDA PROPANO/HIDROGENO/PROPILENO		
F	24"	1	SALIDA PROPANO/HIDROGENO/PROPILENO		
					
OBSERVACIONES					

Tabla 125. Hoja de datos para separador

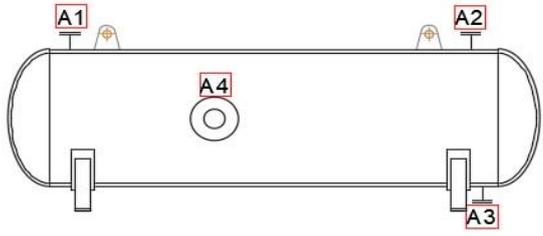
		Hoja de datos separador	Producción de Propileno
AREA 200		Equipo: V-203	
DENOMINACIÓN: Separador bifásico			
SERVICIOS: (Propano-H2) y (Propano-H2-Propileno)			
DATOS DE OPERACIÓN			
Temperatura de Op. (°C)	5		
Presión de Op. (kg/cm2)	15,91		
DATOS DE DISEÑO			
Posición	Horizontal		
Volumen (m3)	1,08		
Diámetro (m)	2,29		
Largo (m)	6,86		
DATOS DE DISEÑO			
Peso (kg)	8,48		
Presión de diseño (kg/cm2)	18,02		
Temperatura de diseño	no superior a 345 °C ni inferior a -29 °C (UG-20-ASMEVIII Div. 1)		
Material de construcción	Acero al carbono (SA-516-Gr 70)		
Tipo	Bifásico		
Tipo de cabezales	Semielípticos		
Espesor de la pared (mm)	13,9		
Sobre espesor (mm)	3,20		
Norma de diseño	ASME VIII/API 12J		
TABLA DE CORRIENTES			
Marca	Diámetro	Cantidad	Denominación
A1	12"	1	ENTRADA BIFÁSICA
A2	6"	1	SALIDA DE GAS
A3	8"	1	SALIDA LIQUIDA
A4	24"	1	BOCA HOMBRE
			
OBSERVACIONES			

Tabla 126. Hoja de datos para columna de destilación

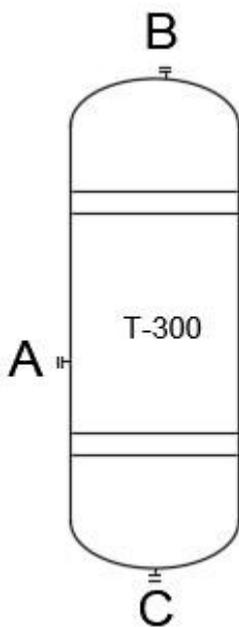
		Hoja de datos Columna	Producción de Propileno
AREA 300		Equipo: T-300	
DENOMINACIÓN: Columna de destilación			
SERVICIOS: Propano-Butanos-Etano			
DATOS DE OPERACIÓN		CABEZA	FONDO
Temperatura de Op. °C		24,6	59,91
Presión de Op. (kg/cm2)		9,69	9,89
DATOS DE DISEÑO			
Posición		Vertical	
Forma del cuerpo		Cilíndrico	
Forma del Fondo y Cabezal		Esférico	
Tipo de columna		De Relleno	
Tipo de relleno		Anillos PALL de Metal 1,5"	
Material de construcción		Acero al carbono	
Diámetro (m)		2,797	
Altura (m)		36,5	
Presión de diseño		11,63	11,87
Temperatura de diseño (°C)		44,60	79,91
Norma de diseño		ASME VIII	
CONEXIONES			ESQUEMA DEL EQUIPO
Marca	Diámetro	Denominación	
A	8"	Propano-Butanos-Etano	
B	10"	Propano-Etano	
C	1 1/4 "	Butanos	
OBSERVACIONES			

Tabla 127. Hoja de datos para compresor

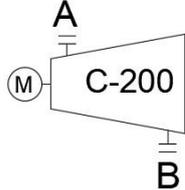
		Hoja de datos Compresor	Producción de Propileno
AREA 200		Equipo: C-202	
DENOMINACIÓN: compresor			
SERVICIOS: Propano-H2-Propileno			
DATOS DE OPERACIÓN			
Temperatura de Op. (°C)	-54		
Presión de Op. (kg/cm2)	0,99		
DATOS DE DISEÑO			
Tipo	Horizontal		
Material de construcción	Acero al carbono		
Número de etapas	3		
Potencia KW	6.842		
Temperatura de diseño (°C)	110		
Presión de diseño (kg/cm2)	1,19		
Norma de diseño	ISO/API		
DATOS DEL FLUIDO			
Fase	Gas		
Caudal másico (kg/h)	208.000		
Densidad (kg/m3)	1,75		
Viscosidad (cP)	0,0079		
CONEXIONES		ESQUEMA DEL EQUIPO	
Marca	Diámetro	Denominación	
A1	36"	Entrada	
A2	24"	Salida	
OBSERVACIONES			

Tabla 128. Hoja de datos para bomba

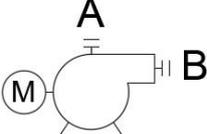
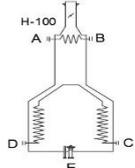
		Hoja de datos Bomba	Producción de Propileno
AREA 200		Equipo: P-200A	
DENOMINACIÓN: Bomba centrífuga			
SERVICIOS: Propano-Propileno			
DATOS GENERALES			
Temperatura de Op. (°C)		-54,75	
Presión de Op. (kPa)		98,91	
Delta P (kPa)		1303	
Potencia kW		36,23	
DATOS DEL FLUIDO			
Fase		Líquida	
Caudal másico (kg/h)		45.170	
Densidad (kg/m ³)		601,6	
Viscosidad (Cp)		0,21	
DATOS DE DISEÑO			
Tipo		Centrífuga	
Material de construcción		Acero al carbono	
Norma de diseño		API/ISO	
CONEXIONES			ESQUEMA DEL EQUIPO
Marca	Diámetro	Denominación	 <p>P-200A</p>
A	8"	Entrada	
B	8"	Salida	
OBSERVACIONES			

Tabla 129. Hoja de datos para Reactor

		Hoja de datos Reactor	Producción de Propileno
AREA 100		Equipo: R-100	
DENOMINACIÓN: PFR (Reactor de Flujo Pistón)			
SERVICIOS: Propano-H2			
DATOS DE OPERACIÓN			
Caudal másico (kg/h)		135.800	
Temperatura de Op. (°C)		600	
Presión de Op. (kPa)		410	
Delta P(kPa)		18	
DATOS DE DISEÑO			
Posición		Horizontal	
Volumen (m3)		6	
Diámetro (m)		1,17	
Largo (m)		5,6	
Presión de diseño (kPa)		492	
Temperatura de diseño (°C)		680	
Material de construcción		Acero al carbono	
Norma de diseño		ASME Section VIII Div. 1	
TABLA DE CORRIENTES			
Marca	Diámetro	Denominación	
A	30"	Propano	
B	30"	Prop-H2-Propileno	
OBSERVACIONES			

Tabla 130. Hoja de datos para Horno

		Hoja de datos Horno	Producción de Propileno
AREA 100		Equipo: H-100	
DENOMINACIÓN: Horno Radiante/Convectivo			
SERVICIOS: Propano-H2			
DATOS DE OPERACIÓN		ENTRADA	SALIDA
Caudal másico (kg/h)			135.800
Temperatura de Op. (°C)		389,8	600
Presión de Op. (kPa)		450	410
Delta P(kPa)			40
DATOS DE DISEÑO			
Presión de diseño (kPa)			492
Temperatura de diseño (°C)			680
Material de construcción	Revestimiento interno: Ladrillos refractarios de alta alúmina Zona Radiante: Tubos radiantes de aleación Ni-Cr (Inconel 600 o 601) Zona convectiva: acero al carbono Aislamiento térmico: Fibra cerámica y ladrillos aislantes de alta alúmina Carcasa externa: acero al carbono o acero inoxidable.		
Norma de diseño			API 560
CONDICIONES DE DISEÑO DE COMBUSTIÓN			
Tipo de combustible			Gas natural
PCS MJ/m ³			38
PCI MJ/m ³			34
Exceso de aire %			15
CHIMENEA			
Ubicación			Parte superior convección
Material cubierta			F-24
DAMPERS (Reguladores de tiro)			
Ubicación			Chimenea
Tipo			F-24
Tipo (control, cierre hermético, etc)			Closed-off
QUEMADOR			
Tipo			Tiro natural
Tipo piloto			Continuo auto aspirado
TABLA DE CORRIENTES			
Marca	Diametro	Denominación	
A-B	24"	Convectiva	
C-D	30"	Radiante	
E		Ingreso de gas	
OBSERVACIONES			

9.6. Conclusión

En el desarrollo del proyecto de Ingeniería de Detalle para la producción de propileno, se llevaron a cabo varios pasos críticos que permitieron asegurar tanto la viabilidad técnica como la optimización económica del diseño. A continuación, se detallan las conclusiones más relevantes:

1. **Diseño de Grandes Activos:** Se completó el diseño de dos componentes clave en la planta de deshidrogenación de propano, a saber, un intercambiador de calor y un separador bifásico horizontal. Se evaluaron y seleccionaron equipos con base en ventajas y desventajas operacionales y económicas, priorizando siempre la eficiencia y la viabilidad económica.
2. **Métodos de Cálculo y Simulaciones:** Se realizaron comparaciones detalladas entre los métodos de cálculo teóricos y las simulaciones utilizando herramientas especializadas. Los resultados obtenidos fueron consistentes y cercanos entre sí, validando así la precisión de los cálculos dimensionales efectuados.
3. **Optimización de Diseño:** El análisis incluyó una revisión exhaustiva de los criterios de sobredimensionamiento, asegurando que los equipos no excedieran un 25% de sobredimensionamiento aceptable. Además, se verificaron las velocidades de los fluidos y las pérdidas de carga para asegurar que se mantenían dentro de los rangos establecidos, evitando así problemas de vibración y asegurando la eficiencia operativa del sistema.
4. **Cálculo y Diseño de Componentes:** Se detallaron los cálculos tanto térmicos como mecánicos de los intercambiadores de calor, y se realizaron ajustes necesarios en el diseño de acuerdo con las normativas aplicables, incluyendo API y ASME. Estos cálculos incluyeron consideraciones específicas sobre el espesor de las paredes del equipo, diámetros, y tipos de cabezales a utilizar.
5. **Se analizaron las ventajas y desventajas de los tipos de separadores bifásicos** para definir aquel que mejor se adapte a nuestra industria. Además se diseñó el separador bifásico horizontal aplicando normas de diseño tales como API 12J y ASME Sección VIII Div I.

Estas conclusiones reflejan un trabajo detallado y riguroso, asegurando que el diseño de la planta de producción de propileno no solo cumple con los estándares técnicos y de seguridad, sino que también es económicamente viable y eficiente en su operación.

9.7. **Bibliografía**

- American Petroleum Institute. (1989). *Specification for Oil and Gas Separators*. (API Standard 12J). Washington, DC: API.
- Cade Engineered Technologies. (s.f.). *Introducción, clasificación y diseño de intercambiadores de calor tipo TEMA*. <https://cadeengineering.com/es/introduccion-a-clasificacion-y-diseno-de-intercambiadores-de-calor-segun-tema/>
- Cao, E. (2004). *Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos*.
- Daza, P. (23 de febrero de 2014). *Ventajas y desventajas de separadores (horizontales-verticales-esféricos)*. Buenas tareas. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Ventajas-y-Desventajas-De-Separadores-Horizontales-Verticales-Esfericos/47851497.html>
- Escalada, cursos de ingeniería Online. (27 de septiembre de 2020). *Cómo calcular un separador LIQUIDO-VAPOR*. [Video] YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=08b2kJZhXKk>
- Kern, D. (1999). *Procesos de Transferencia de calor*. CECSA.
- Labat, C. J. (2018). *Diseño y Cálculo de un intercambiador de calor (Design and Analysis of a Heat Exchanger)*. (Tesis de grado). Universidad de Cantabria.
- Romero, D. (26 de mayo de 2015). *¿Conoces tus separadores?*. Ingeniería de Gas Natural. <https://dr-gasnatural.blogspot.com/2015/05/conocestus-separadores-si-los.html>
- The American Society of Mechanical Engineers. (2017). *ASME Boiler and Pressure Vessel Code: Section II - Materials, Parte A: Ferrous Material Specifications (SA-451 to End)*. New York, NY: ASME.
- The American Society of Mechanical Engineers. (2019). *ASME Boiler and Pressure Vessel Code: Section VIII División 1: Rules for Construction of Pressure Vessels*. New York, NY: ASME.
- Requena G.J.L, y Rodríguez M.M.F. (2006). *Diseño y evaluación de separadores bifásicos y trifásicos*. (Tesis de grado). Universidad Central de Venezuela, Caracas.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

10. Evaluación de Impacto Ambiental

10.1. Resumen ejecutivo

Es importante mencionar que el estudio adjunto fue desarrollado para la aprobación de la materia de Evaluación de Impacto Ambiental y aplicado al proyecto de producción de ácido acrílico planeado en ese momento. El análisis fue aprobado por el profesor de la cátedra correspondiente.

Por lo tanto, los datos en este capítulo mencionados y la localización de la planta difieren del resto del documento. Para el caso de la localización, afecta a que la norma de aplicación a la EIA es la de la provincia de Neuquén, siendo nuestra nueva localización Bahía Blanca, Buenos Aires, la modificación fue efectuada dada la conveniencia económica, ya que nos encontraríamos en cercanías a las posibles plantas proveedoras de propano y próximas al puerto teniendo como beneficio la comercialización marítima.

El presente Estudio de Impacto Ambiental se elaboró cumpliendo con los requerimientos de LEY PROVINCIAL N° 1.875 (T.O 2.267) y su Decreto Reglamentario Ley 1.875 (parte) 2.656/99, a los efectos de evaluar ambientalmente el proyecto: “PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ACRÍLICO”

El objetivo de la obra es la producción, distribución y comercialización de ácido acrílico y ácido acético, donde los mismos tendrán una producción diaria de 42,86 Tn y 1,12 Tn, respectivamente. Lógicamente sus producciones resultarán de la demanda en cada ocasión del mercado, ya que el objetivo es satisfacer las mismas y evitar que estos productos sean importados.

El proyecto se localiza en un predio de 160.000 m², aproximadamente, en el Parque Industrial Químico y Petroquímico de la ciudad de Plaza Huinul, provincia del Neuquén, precisamente entre las empresas Petrolera Argentina y la Refinería New American Oil (NAO).

Considerando las características del proyecto que se desarrolla y los impactos posibles vinculados al mismo, se definió el área de afectación directa a: el conglomerado urbano Cutral C6 – Plaza Huinul, sus periurbanos y sus zonas de chacras, el Parque Industrial Municipal de Cutral C6 con una superficie aproximada de 430 Ha y el Zanjón Colector de crecientes (Cañadón Zapala).

En cuanto al Subsistema Socioeconómico se tomaron las unidades administrativas de Cutral C6 - Plaza Huincul, considerando que alrededor de estos núcleos urbanos no se encuentra ningún otro pueblo o ciudad a menos de 70 Km.

Se realizó el relevamiento de la zona a los efectos de concretar el inventario ambiental del Subsistema Físico-Natural y del Subsistema Socioeconómico-Cultural. Considerando los distintos factores inventariados y las distintas acciones provocadas sobre estos en las fases proyecto, construcción, operación y abandono, donde se identificaron impactos negativos Operativos y de Contingencia.

Para efectuar el enjuiciamiento de los impactos de acuerdo a su importancia se tomaron como base la correspondiente a la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández-Vitora, adjudicándose una escala no lineal resultando el siguiente enjuiciamiento:

De acuerdo a los valores obtenidos de la importancia de cada uno de los impactos considerados, se obtuvieron:

a) Impactos Operativos:

De los 5 impactos identificados resultaron 4 Moderados y 1 Crítico.

b) Impactos por Contingencias:

De los 10 riesgos analizados, 5 son Irrelevantes, 3 son Tolerables y 2 Moderados.

De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior se implementó un plan de gestión ambiental para mitigar aquellos impactos de carácter crítico principalmente y los moderados.

10.2. Objetivos

El principal objetivo de este análisis es evaluar los impactos ambientales asociados a esta industria. Se busca identificar y analizar los efectos ambientales potenciales, asegurar el cumplimiento de la normativa vigente, y proponer medidas de mitigación para minimizar los impactos negativos. Además, se pretende fomentar prácticas sostenibles, facilitar la participación de las partes interesadas, y desarrollar un plan de gestión ambiental efectivo.

La evaluación también tiene como objetivo optimizar el diseño del proyecto para mejorar su eficiencia operativa y ambiental, valorar alternativas tecnológicas más limpias, y asegurar la salud y seguridad de las comunidades cercanas.

10.3. Alcance del estudio y marco legal

La presente Evaluación Ambiental se elaboró a los fines de predecir, identificar, valorar y prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales que pueda ocasionar el proyecto:

“Producción de ácido acrílico, Plaza Huincul, Provincia del Neuquén”

El mismo se ha desarrollado cumpliendo con los requerimientos de LEY PROVINCIAL N° 1.875 (T.O 2.267) y su Decreto Reglamentario Ley 1.875 (parte) 2.656/99.

10.4. Metodología aplicada

Se aplicó una adaptación de la metodología de Conesa Fernández Vitora (1.997), considerándose explícitamente todos los datos solicitados por la Provincia del Neuquén en el Anexo III, Ítem III “ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL” (Ley N° 1.875/99, T.O 2.267). Las principales etapas metodológicas son:

10.4.1. Recopilación de la información

Considera la búsqueda de información relevante a los objetivos propuestos:

- Lectura bibliográfica.
- Análisis y tratamiento de mapas geológicos, geomorfológicos, edafológicos y biogeográficos.
- Análisis de cartas topográficas.

- Interpretación de imágenes satelitales.
- Selección de procedimientos para la recolección de datos in situ.
- Análisis del marco legal que regula la actividad.

10.4.2. Descripción y análisis del proyecto

Considera una visión genérica del proyecto, relacionando aquellas características, peculiaridades y datos básicos que resultan de interés para los objetivos propuestos.

10.4.3. Relevamiento de campo

Se identifican in situ los aspectos ambientales relevantes para los objetivos del proyecto (vegetación, fauna, relieve, recursos hídricos, accesos, entorno humano, etc.). Para tal fin se procedió a efectuar:

- Verificación de coordenadas in situ.
- Relevamiento edáfico, geológico y geomorfológico.
- Relevamiento de vegetación y fauna.
- Identificación de parámetros de sensibilidad ecológica.
- Relevamiento fotográfico.

10.4.4. Caracterización del medio biofísico y sociocultural

Considera la descripción cualitativa del área de afectación directa e indirecta del proyecto.

10.4.5. Identificación de acciones y efectos

Se identifican las acciones susceptibles de producir impacto. Se predice la naturaleza de las interacciones proyecto-entorno. El análisis de estas relaciones, entre acciones y factores, permite identificar los efectos ambientales.

10.4.6. Declaración de impacto ambiental

Se declaran de manera explícita las afectaciones ambientales que el proyecto potencialmente puede ocasionar al medio ambiente involucrado.

10.4.7. Plan de gestión ambiental

Se exponen estrategias a implementar durante las distintas etapas del proyecto que considera la protección del medio ambiente.

10.5. Ubicación y descripción general del proyecto

10.5.1. Nombre del proyecto

Producción de Ácido Acrílico.

10.5.2. Objetivo y justificación

El objetivo de esta planta es producir Ácido Acrílico en una cantidad de 15.000 Tn anuales para satisfacer el consumo del país sin necesidad de importarlo.

El ácido acrílico ($C_3H_4O_2$) junto con un determinado alcohol sirve de materia prima para la producción de acrilatos (ésteres del ácido acrílico), y estos últimos combinados con otros compuestos químicos dan lugar a polímeros utilizados en la fabricación de plásticos, adhesivos, pinturas acrílicas, fibras textiles, aditivos para papel, otro uso importante es la formación de ácido poliacrílico que es utilizado para producir polímeros súper absorbentes y detergentes.

10.5.3. Localización física del proyecto y situación legal del predio, incluyendo dimensiones, mapas y planos

La planta se ubicará en la ciudad de Plaza Huincul, Provincia del Neuquén. Precisamente, en el Parque Industrial Químico y Petroquímico.

En la siguiente imagen podemos observar la ubicación del predio, el cual posee un área de 160.000 m², aproximadamente.

El punto central del terreno tiene las siguientes coordenadas:

Latitud 38°55'55,40" S

Longitud 69°8'35,73" W



10.6. Descripción pormenorizada del proyecto, obra u acción, para todas las etapas de ejecución (proyecto, construcción, operación y desmantelamiento cuando correspondiera)

10.6.1. Definición de las partes del proyecto

10.6.1.1. Portería y Vestuarios

Es un edificio de 8 x 5 metros destinado al control de entrada y a los vestuarios del personal permanente de planta.

10.6.1.2. Salas de estar

Es una edificación destinada para ser utilizada como comedor y recreación.

10.6.1.3. Salas de Administración

Aquí se realizarán todas las labores administrativas de la planta. Esta edificación ocupa una superficie de 140 m².

10.6.1.4. Mantenimiento

En este sector se almacenarán algunos repuestos y elementos necesarios para las dos plantas instaladas, además de insumos y materiales de seguridad para el personal. Aquí se realizarán principalmente reparaciones menores como soldaduras, armado, etc.

10.6.1.5. Tanque para el efluente

Se construirá un tanque de almacenamiento para el efluente de aproximadamente 80 m³ de capacidad.

10.6.1.6. Playa de tanques y almacenamiento de productos finales, materias primas e insumos

Se construirá una playa de tanques, los cuales son:

- 1 tanque de 60 m³ para el agua.
- 1 tanque de 45 m³ para el ácido acrílico.
- 1 tanque de 1,5 m³ para el ácido acético.
- 1 tanque esférico de 65 m³ para el propileno.
- 1 tanque zeppelin de 75 m³ para el propano.
- Tanques de insumos.

Cada uno de ellos colocados sobre suelo seleccionado y con terraplén para contención lateral.

10.6.1.7. Planta de Producción de Propileno

Dicha planta con una capacidad de producción normal de 34 Ton/día. Es un proceso de obtención que consiste principalmente en una reacción de deshidrogenación catalítica de propano. En general se divide en cuatro etapas fundamentales:

- ✓ Reacción
- ✓ Compresión
- ✓ Separación
- ✓ Purificación

10.6.1.8. Planta de Producción de Ácido Acrílico

Dicha planta con una capacidad de producción normal de 43 Ton/día. Es un proceso de obtención que consiste principalmente en una reacción de oxidación parcial de propileno con aire purificado. El proceso en general se divide en cuatro etapas fundamentales:

- ✓ Reacción
- ✓ Enfriamiento y absorción
- ✓ Recuperación
- ✓ Purificación

10.6.1.9. Salas de Control

Se instalará una sala de control para la planta de producción de propileno y la de ácido acrílico, la cual cumplirá con la labor de controlar automáticamente el correcto funcionamiento de los equipos de ambas instalaciones.

10.6.1.10. Sala de Servicios

Corresponde a una sala de 10 x 17 metros destinado para el sistema de tratamiento de agua y sistema de producción de aire comprimido, cuya función es suministrar dichos servicios a la planta de ácido acrílico, en el caso de la planta de propileno se requerirá de un sistema de almacenamiento para el catalizador. En el interior de este sector se dispondrá de un baño destinado a atender las necesidades de los operarios del edificio principal, una sala de mantenimiento y de la propia sala de servicios.

10.6.1.11. Laboratorio

Consiste en una sala de 24 m², donde se realizarán los ensayos de control de calidad de las materias primas y productos generados en las plantas. La infraestructura de este recinto

considera todos los requerimientos de seguridad y ambiente laboral que exige la legislación vigente.

10.6.1.12. Planta de Tratamiento de Efluentes

El objetivo de esta planta es tratar el efluente que proviene de la corriente 18, a la salida del enfriador E-106, la cual en su mayoría es agua y que luego de realizarse el tratamiento correspondiente para eliminar los contaminantes, será utilizada como agua de riego.

10.6.1.13. Obras Civiles de Pavimentación

Se considera la pavimentación de las áreas de ingreso a la fábrica hasta la sala de almacenamiento de materias primas y otros insumos y la de carga de productos terminados. El resto de las áreas de circulación de vehículos tendrán un mejorado vial.

10.6.1.14. Sistema de aguas servidas

Se considera la construcción de un sistema de recolección y tratamiento por medio de cámara séptica y pozos absorbentes.

10.6.1.15. Sistema de captación y distribución de agua potable

Se tomará de la red de distribución del Parque Industrial, provista por el EPAS (Ente Provincial de Aguas y Saneamiento).

10.6.1.16. Red de incendios y sistema de enfriamiento

Se proyecta la existencia de una red de incendio para la totalidad de la planta, que considera la captación, acumulación y distribución del agua para emergencias. La red ha sido diseñada en base a la normativa NFPA N°14 de la National Fire Protection Association.

10.6.1.17. Sistema de espuma/rociadores para todos aquellos recintos que contengan productos inflamables

Para la protección de la planta y equipos en el caso de producirse un siniestro.

10.6.2. Procesos

Las plantas están dimensionadas para producir en proceso continuo los siguientes productos:

- Propileno.
- Ácido Acrílico.
- Ácido Acético al 96,9% de pureza.

10.6.3. Unidades

Las plantas estarán compuestas por las siguientes unidades:

- Administración
- Depósitos
 - Materia prima
 - Productos
 - Tanques
- Mantenimiento
- Servicios
 - Vapor
 - Agua de enfriamiento
 - Gas Natural
 - Electricidad
 - Agua para red contra incendios
 - Agua potable
 - Báscula
- Sala de control
- Control de calidad
- Producción

- Área continuo
- Vestuario
- Tratamiento de efluentes

10.6.4. Acciones del Proyecto

10.6.4.1. Fase de Proyecto

➤ **Acciones:**

- Diseño y estructuración de los lineamientos del proyecto: desarrollo de la idea básica del proyecto, desde el punto de vista de su justificación, disposición física y distribución de todos sus componentes.
- Revisión de los permisos aplicables al proyecto: realización de los estudios destinados a detallar y explicar cada uno de los componentes del proyecto, que requieren antecedentes técnicos para su aprobación.

10.6.4.2. Fase de Construcción

➤ **Movimiento de suelos:**

Se aprovechará la topografía del terreno para la habilitación de cada una de las áreas descriptas. En esta etapa se contemplan las siguientes acciones:

- Limpieza del área.
- Movimientos de tierra.
- Traslado de materiales.
- Compactación.
- Nivelación.
- Trabajos de albañilería.

Los materiales de uso inmediato y frecuente se guardarán en el mismo predio donde se habilitará el proyecto.

➤ **Obrador:**

La empresa que se adjudique la licitación de la construcción deberá, bajo el contrato que se establezca, cumplir entre otras cláusulas con las siguientes acciones:

- Trabajadores: trabajarán durante las diferentes fases de construcción del proyecto, un número de alrededor de 50 personas.
- Agua potable para trabajadores: se ejecutará la conexión a la red del Parque Industrial, que distribuirá el recurso en el obrador correspondiente.
- Las instalaciones de provisión de agua y construcciones sanitarias tendrán un consumo máximo diario de 5.000 litros (100 litros/ persona / día).
- Servicios Sanitarios: se exigirá la utilización de baños químicos, los que deberán incluir unidades sanitarias que, en su conjunto, prevean 2 excusados, 2 lavamanos y 3 duchas y ofrezca el servicio completo de instalación, mantenimiento, limpieza, cambio (sí fuese necesario) y su retiro.
- Espacio de alimentación: se exigirá la habilitación de un espacio físico destinado a este fin, el cual contará con todas las condiciones sanitarias y ambientales.
- Mantenimiento de vehículos y camiones: el titular no permitirá bajo ninguna circunstancia, la instalación de lugares de mantenimiento de maquinarias o vehículos utilizados en esta etapa, por lo cual, cuando se requiera de este tipo de servicios se acudirá al lugar adecuado.

➤ **Construcción:**

Los equipos y partes que componen las plantas, serán traídos de distintas empresas en camiones. Es de relevancia destacar que estos camiones tendrán tráiler con plataforma baja, los cuales no sobrepasarán el peso, alto y ancho máximo exigido por las normativas de transporte.

Con respecto a las obras, en esta etapa se realizarán las siguientes acciones:

- Instalación de sistema de conexión y suministro de electricidad.
- Instalación de sistema de conexión y suministro de gas natural.
- Instalación de redes de distribución de agua potable.
- Instalación de redes cloacales.
- Instalación de sistema de tratamiento de aguas servidas.
- Fundaciones de las estructuras de soporte de reactores.
- Fundaciones planta de producción de Propileno.

- Fundaciones planta de producción de Ácido Acrílico.
- Fundaciones de los equipos de impulsión y sistemas de enfriamiento.
- Fundaciones de los tanques de almacenamiento.
- Soportes de los tanques.
- Instalación y habilitación de tanques.
- Instalación de redes de cañerías de tanques.

10.6.4.3. Fase de Operación

Una vez construidas y habilitadas las partes del proyecto, se podrá dar inicio a la etapa de operación propiamente dicha.

Producción de propileno

Este proceso cuenta de cuatro etapas:

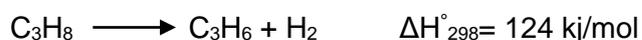
Etapa de reacción y regeneración del catalizador: la materia prima consiste en una corriente de propano líquida, la cual se obtiene de refinerías y es almacenada en el tanque cilíndrico horizontal TK-400, conocido también como “tanque tipo cigarro”, a temperatura ambiente y a una presión de 10,2 kg/cm².

Dada las impurezas contenidas en la corriente 300, es necesario para evitar acumulación de componentes pesados en el sistema, eliminarlos a través de una columna debutanizadora T-300, como se muestra en el [gráfico 6](#).

La corriente 302 rica en i-butano y n-butano será almacenada en el TK-402 para posteriormente ser utilizada como combustible dentro de la planta, aprovechando su energía.

Continuando con el proceso, en el tope de la torre T-300 se obtiene la corriente 301 a una temperatura alrededor de los 25°C, la cual se mezcla con el hidrógeno [221] producido en la reacción cuya función es disminuir la formación de coque sobre el catalizador y propano recirculado [306], el primero obtenido de la separación criogénica (E-204) y el segundo proveniente de la columna final de destilación T-301.

La *reacción catalítica del propano* se produce de la siguiente manera:



Donde se obtiene el producto deseado (propileno) y también productos secundarios como hidrógeno y etano. La reacción se logra en rangos de temperatura y presión determinadas, por lo que la mezcla obtenida [100] debe acondicionarse antes de llegar a los reactores.

La temperatura de operación de los reactores R-100/101/102/103 es de 600°C pero al llevarse a cabo una reacción endotérmica, dicha temperatura disminuye en un rango entre 60~65°C, lo que hace forzosa la disposición de hornos tipo caja H-100/H-101/H-102/H-103, entre las etapas de reacción para mantener la temperatura de operación y así alcanzar la máxima conversión.

Antes del primer horno se ubica un tren de intercambio de calor que tiene como objetivo disminuir el consumo de combustible en el H-100.

La corriente 100 ingresa por tubos al primer intercambiador de carcasa y tubos E-100 avanzando de la misma forma a través del E-101, E-102, E-103 y E-104. El intercambio de calor se logra con el efluente del cuarto reactor [114] que ingresa por envolvente al E-104 y así sucesivamente hasta llegar al E-100, tal como se puede ver en el [grafico 7](#).

Debido a la formación de coque, el catalizador se desactiva por lo que el mismo se debe regenerar en la unidad de regeneración continua del catalizador A-150, que está ubicado después del cuarto reactor y ésta formado por cuatro etapas a través de las cuales pasa el catalizador antes de entrar al primer reactor; esta unidad forma un circuito cerrado con los reactores.

Etapas de separación del propileno

Por último, la separación del propileno de los subproductos consta de tres etapas:

1. separación mediante compresión por etapas: logrando la primera gran separación de compuestos livianos de los pesados.
2. separación mediante criogenización: separando el hidrógeno y el etano.
3. Y separación del propano y el propileno mediante una columna de destilación.

Sistema de compresión por etapas

Este sistema se encuentra formado por un compresor centrífugo de tres etapas C-200/C-201/C-202, con enfriadores intermedios E-200/E-201/E-202, por los cuales circula etano a través de los tubos. Asimismo, se cuenta con depuradores de succión en cada etapa V-200/V-201/V-202, para lograr la condensación de los productos deseados y un depurador de descarga V-203, a la salida de la tercera etapa; estos cuentan con un control de nivel que impide que la

altura de líquido, dentro de ellos, supere el límite para de alguna manera asegurarse de que la corriente de gas que ingresa al compresor no arrastre líquido y dañe el equipo.

La corriente 120 que sale del E-105 se une y dirige hacia el V-200 con una corriente de reciclo [203] proveniente del V-201, lo cual provoca la disminución de la temperatura de la corriente ingresante al C-200 y de alguna manera genera que el propano y el propileno comiencen a condensarse. Es necesario que la corriente 203 antes de mezclarse pase por una válvula estranguladora VLV-200 para equalizar las presiones; de la misma manera será para las diferentes corrientes re circulantes posteriores, tal como se visualiza en el [gráfico 9](#).

La fase vapor que ingresa a la primera etapa del compresor pasa luego al enfriador para posteriormente introducirse al succionador de la segunda etapa y repetir el mismo procedimiento que ocurre en la primera etapa hasta la última.

Luego de la etapa de compresión, se encuentra un depurador de descarga V-203 donde el condensado obtenido por el fondo es recirculado al succionador anterior, para finalmente ser unificado en el V-200, tal como se visualiza en el [gráfico 10](#).

Sistema de separación mediante criogenización:

La corriente de tope del V-203 es enviada a ésta etapa, disminuyendo su temperatura al pasar por el enfriador E-203 hasta -40°C y asimismo se logra la separación en el V-204, por el fondo una mezcla de propano/propileno que es mezclada con el condensado del V-200 para enviarla a la columna de destilación T-301, como se ve en el [gráfico 11](#); por el tope se obtiene un 90% molar de hidrógeno, el 60% de la corriente es recirculado al inicio del proceso mientras que la otra parte es enviada a la unidad de antorcha, para evitar acumulación de gases indeseados.

Columna de destilación:

El propano y propileno condensados en las etapas anteriores alimentan la columna T-301, por el plato n° 72. Esta columna depropanizadora está formada por 134 platos totales, y trabaja a 950 kPa en el tope y por el fondo a 1.100 kPa.

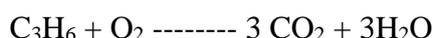
La corriente de propano es recirculada y mezclada con la alimentación fresca; y por otro lado, la corriente de tope compuesta principalmente por propileno es nuestra producción final.

Se obtiene a una temperatura de $17,2^{\circ}\text{C}$ con una pureza del 86% molar de propileno, el cual es almacenado en el tanque cigarro TK-401 y comercializado luego.

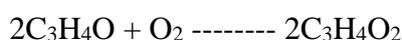
Proceso de Oxidación Parcial de Propileno en dos etapas

Mediante una oxidación parcial de propileno en dos etapas se obtendrá ácido acrílico (AA). Las reacciones que ocurren son:

1° reactor:



2° reactor:



En este proceso se identifican las siguientes etapas:

- **Etapas de reacción**

Una mezcla gaseosa proveniente del MIXER 1 que contiene propileno, agua y aire en una proporción 1/3.75/7.75 a una temperatura de 120° se alimenta al reactor de lecho fijo tubular R-101 y reaccionan a una temperatura de 290-330 °C, que es regulada por una salmuera que circula por fuera del reactor. La corriente de agua sirve como disipador térmico y evita la generación de coque en el catalizador. La mezcla gaseosa obtenida en el tope es la que alimenta al segundo reactor R-100 de diseño similar al primero pero que opera a unos 280-320 °C, para mantener un rendimiento de producción de AA del 85%.

- **Etapas de enfriamiento y absorción**

Para evitar la dimerización del ácido acrílico en el efluente este se enfría desde 300 °C a 70 °C, en un intercambiador de calor de carcasa y tubo E-102, usando agua de enfriamiento.

Antes de ingresar a la torre de absorción, la corriente líquida-vapor aumenta su presión a través de una válvula de regulación de presión VLV-101, hasta 4 bares. La torre de absorción (flash) T-100, opera en condiciones de contracorriente con agua desionizada, como disolvente. Durante la absorción, ciertos gases como oxígeno, dióxido de carbono, propileno, como también ácido acrílico y ácido acético que no fueron absorbidos, son eliminados por la parte superior siendo enviados a incineración.

- **Etapa de recuperación de productos**

Primero, en un extractor T-101, la solución ácida diluida en agua se mezcla con un disolvente orgánico (Diisopropil éter), en el cual los ácidos son más miscibles en él, y se lleva a cabo un proceso de extracción líquido – líquido. Se obtienen dos corrientes de salida, la fase acuosa que se envía a una columna de destilación T-102, donde se recupera parte del disolvente que es nuevamente enviado al extractor y una corriente que es en su mayoría agua, la cual será utilizada para llevar a cabo un tratamiento de aguas residuales. La fase orgánica se envía a una columna de recuperación de solventes T-103. Previo al ingreso a las columnas ambas corrientes se precalientan pasando a través de intercambiadores de carcasa y tubo, E-103 y E-104, a 95°C y 85°C, respectivamente.

- **Etapa de purificación**

La corriente ácida se lleva a una última columna de recuperación de ácidos T-104, para separar el producto deseado ácido acrílico del subproducto ácido acético (HA).

Las operaciones en las columnas de recuperación se realizan al vacío para evitar temperaturas mayores a 95 °C y que se produzcan polimerización y dimerización del ácido acrílico. (Pérez S., 2019)(Píriz Babiano, 2018)

10.6.4.4. Fase de Abandono

El proyecto en su totalidad, ha sido diseñado para operar durante 15 años aproximadamente. Sin embargo, este tiempo va a depender de cómo se plantee la estrategia comercial de la empresa frente al comportamiento de los mercados vinculados con el rubro, los cuales evolucionan constantemente.

Por lo tanto, no se descarta una prolongación de la vida útil del proyecto, siempre que se asegure la total normalidad de su funcionamiento.

En este sentido, cabe destacar que la tecnología utilizada en la producción de Ácido Acrílico en este proyecto, es modular; lo que permite el recambio de piezas y equipos sin mayores complicaciones. Además, los constantes avances técnicos permiten la posibilidad de incorporar nuevo equipamiento cada vez más eficiente y seguro.

Al término efectivo de toda operación del proyecto, se realizarán las siguientes acciones:

Equipos

- Cada unidad será desmantelada y desarmada por partes.

- Cada parte será vendida como equipo o como hierro a terceros, dependiendo de su estado.
- Cada parte que no pueda ser vendida será dispuesta como chatarra, en un depósito autorizado para tales efectos.

Materiales y Terreno

- Se venderán todos los materiales de las instalaciones.
- Quedarán en el terreno las fundaciones construidas para el montaje del equipamiento.
- Si es que se procede a instalar en el futuro otra planta en el mismo terreno, (considerando que se mantendría vigente el cambio de uso de suelo), las fundaciones serán removidas.

10.7. Descripción de las tecnologías a utilizar

Para el diseño de la planta de producción de propileno se tomó como referencia la tecnología del Proceso Oleflex.

En el caso del diseño de la planta de producción de ácido acrílico se hizo hincapié en la tecnología del Proceso de Oxidación Parcial Catalítica de Propileno.

10.8. Descripción de las alternativas del proyecto y motivos para su desestimación

Una alternativa para la ubicación del proyecto era ubicarla en el Parque Industrial de Cutral Co, cerca de la empresa que nos proporcionaría una de las materias primas para nuestro proyecto, pero como la dirección de los vientos predominantes de dicha ciudad es del oeste durante el año esto traería problemas a la hora de emitir o quemar ciertos gases en la antorcha ya que se dispersarían por la ciudad trayendo problemas con la población, es por eso que dicha locación es desestimada para la instalación del proyecto.

Una segunda alternativa podría ser frente a la refinería YPF y al lado de la empresa Air Liquide, pero al hacer un estudio del área de afectación directa, tomando un radio de 2 Km a la redonda, notamos que hay muchas viviendas y empresas las cuales se verían afectadas en caso de algún accidente o incendio.

Y la tercer alternativa, y por la cual nos decidimos como localización más adecuada, sería ubicar la planta en el Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral Có y Plaza Huincul adyacente a las plantas New American Oil y Petrolera Argentina, porque es un lugar más alejado de la zona urbana, con menor densidad de gente, y el sentido de los vientos

favorecerían a que las emisiones sean dispersas en zona de campo sin ocasionar problemas a la población.

10.9. Identificación de los predios colindantes y actividades que se desarrollan o proyectadas para ellos.

El proyecto como ya se ha expresado se ubica dentro del Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral C6 y Plaza Huinul, donde las empresas colindantes son al Oeste de esta planta se encuentra la empresa Petrolera Argentina (violeta), que en la actualidad se encuentra sin actividad. Al Norte se encuentra la Refinería New American Oil (NAO) (rojo) y la Planta EET dedicada el Transporte, Tratamiento y Disposición final de Residuos Peligrosos/especiales (verde), al Noroeste la Planta de Producción de Biodiesel (celeste).



10.10. Determinación del área de afectación directa e indirecta del proyecto.

Se considera como área de afectación directa del proyecto el conglomerado urbano Cutral C6 – Plaza Huinul, sus periurbanos y sus zonas de chacras con un radio de 2km a la redonda, el Parque Industrial “Químico y Petroquímico de Cutral C6 y Plaza Huinul creado por la Ley Provincial 1.604, Decreto Provincial 4.257 y Ordenanza Municipal de Cutral C6 1.667/97, con una superficie aproximada de 430 Ha y el zanjón colector de crecientes denominado "Cañad6n Zapala", que atraviesa ambas ciudades y pasa al sur del Parque Industrial.

Como área de afectación indirecta se ha considerado los ejidos de Cutral C6 y Plaza Huinul y la zona de afectación del Zanj6n Colector, la cual llega hasta aproximadamente las

cercanías de Challacó, pero tomando las características del proyecto en cuanto a la emisión de efluentes al medio se consideran irrelevantes sus efectos.

10.11. Recursos naturales demandados. Tipo y cuantificación

Se presenta una caracterización de las materias primas, insumos y suministros para las plantas bajo condiciones normales de operación.

La producción de ácido acrílico es de 42,86 Tn/día y para llevarla a cabo se necesitarán las siguientes materias primas:

Materias Primas	Cantidad	Unidad	Transporte	Forma de almacenamiento
Propileno	12.010	Tn/año	Camiones	Tanque
Aire	6,736	m ³ /h	-	-

El insumo requerido será:

Materias Primas	Cantidad	Unidad	Transporte	Forma de almacenamiento
Agua	20.620	m ³ /año	Cañerías	Tanque

La producción de propileno es de 32,9 Tn/día y para llevarla a cabo se necesitarán las siguientes materias primas:

Materias Primas	Cantidad	Unidad	Transporte	Forma de almacenamiento
Propano	13.876,1	Tn/año	Camiones	Tanque

El insumo requerido será:

Un catalizador de Pt-Sn/Al₂O₃ el cual se regenera en un sistema cerrado con los reactores en la misma planta.

10.12. Obras y/o servicios de apoyo que serán demandados

El proyecto se encuentra ubicado dentro de un parque industrial, que si bien fue creado para las dos comunidades, la adjudicación de la tierra y la provisión de servicios siguen siendo de incumbencia provincial.

Los servicios con que puede contar el proyecto son: electricidad provista por el EPEN (Ente Provincial de Energía del Neuquén), telefonía por COPELCO, gas por Camuzzi y agua por el EPAS. Se prevé la demanda del servicio recolección y tratamiento de efluentes.

10.13. Tipo y volumen de residuos, contaminantes, emisiones y vertidos. **Tratamiento y disposición final**

10.13.1. Emisiones

10.13.1.1. Emisiones gaseosas en la etapa de construcción

Las emisiones gaseosas que se generan en la etapa de construcción, serán únicamente producidas por la circulación de vehículos, trabajos de movimiento de tierra y de nivelación. Estas emisiones, por lo tanto, serán exclusivamente de material particulado en niveles poco significativos. Hay que recordar que estas emisiones son temporales, ya que están limitadas al periodo de tiempo que demore la habilitación de los terrenos, previa instalación de los equipos y obras físicas del proyecto, por lo que no excederá el primer mes de trabajo.

10.13.1.2. Emisiones gaseosas en la etapa de operación

Planta de Producción de Propileno

- Emisiones gaseosas del divisor Tee-100

Los datos de caudales de la corriente gaseosa n°35 del Tee-100 son obtenidos del simulador Aspen HYSYS.

Compuesto	Caudal Emitido (m3/h)
Propano	0,0398
Hidrógeno	0,9597
Propileno	0,0948
Etileno	0,0448
Etano	0,0001
Metano	0,0739

Planta de Producción de Ácido Acrílico

- Emisiones gaseosas de absorbedor

Los datos de caudales de la corriente gaseosa n°14 del absorbedor son obtenidos del simulador Aspen HYSYS.

Compuesto	Caudal Emitido (m3/h)
Propileno	0,4985
Dióxido de Carbono	0,1241
Ácido Acético	0,0023
Ácido Acrílico	0,0146
Acroleína	1,43e-005
Oxígeno	0,0151
Nitrógeno	5,5431
Vapor de agua	0,3711

- Emisiones gaseosas de la columna T103.

Los datos de caudales de la corriente gaseosa n°22 de la columna T103 son obtenidos del simulador Aspen HYSYS.

Compuesto	Caudal Emitido (m3/h)
Acroleína	2,80e-007
Dióxido de Carbono	0,0001
DIPE	0,0089
Nitrógeno	0,0001

- Emisiones gaseosas del separador V101.

Los datos de caudales de la corriente gaseosa n°27 del separador son obtenidos del simulador Aspen HYSYS.

Compuesto	Caudal Emitido (m3/h)
Acroleína	5,36e-008
Propileno	0,0001
DIPE	0,0078
Vapor de agua	0,0001

10.13.2. Vertidos

10.13.2.1. Efluentes líquidos en la etapa de construcción de ambas plantas

Durante la etapa de construcción los únicos residuos líquidos que generará el proyecto, serán las aguas servidas de los trabajadores. Los volúmenes estimados en este sentido, son presentados a continuación.

Volumen descarga (m3/día)	Duración de descarga	Destino del efluente	Tipo de manejo
1-2	S.A.	Baños químicos	La instalación y retiro de cada unidad requerida, estará a cargo de la empresa contratada, la que dispondrá de las habilitaciones requeridas, también se encargará del mantenimiento, limpieza y disposición de residuos, mientras dure la construcción del proyecto.

10.13.2.2. *Efluentes líquidos en la etapa de operación*

Planta de Producción de Ácido Acrílico

Los datos de caudales de la corriente líquida n°18 de la columna T102 son obtenidos del simulador Aspen HYSYS.

Compuesto	Caudal de descarga (m3/h)	Destino del efluente	Disposición final del efluente
Propileno	0,0032	Enviado a planta de tratamiento de efluentes	Agua de riego
Ácido Acético	0,0022		
Agua	3,1340		

10.13.2.3. *Otros efluentes líquidos de las operaciones anexas*

En la siguiente tabla se presentan los efluentes líquidos generados principalmente en operación normal de ambas plantas.

Identificación del efluente	Fuente de descarga	Volumen de descarga	Duración de descarga	Destino del efluente
Agua de lavado de material de laboratorio	Laboratorio	-	Discontinua	Almacenamiento
Soluciones con reactivos de laboratorio	Laboratorio	-	Continua	Almacenamiento
Aguas Servidas	Baños	-	Continua	Pozos Absorbentes
Derrames	Carga y descarga de estanques para almacenar	-	Discontinua	Acumulación

10.13.3. Residuos

10.13.3.1. Residuos sólidos en la Etapa de Construcción de ambas plantas

Para la etapa de construcción (aproximadamente 4 meses), se considera la siguiente generación de residuos sólidos.

Ítem	Identificación de residuo	Cantidad	Frecuencia	Destino
Habilitación de terreno y construcción de obras	Movimiento de tierra	S.A	S.A	En el mismo terreno del proyecto
	Restos de vegetales, escombros y basuras existentes en el terreno	S.A	S.A	Recolección por parte de empresa autorizada
	Resto de cañerías y despuntes	S.A	S.A	Venta como chatarra
Trabajadores	Basura asimilable a urbana	1 m ³	Semanal	Recolección por Municipio
	Residuos de Baños Químicos	N/D	N/D	Retiro por parte de una empresa autorizada

10.13.3.2. Residuos sólidos en la Etapa de Operación

- Residuos sólidos del proceso de producción de propileno

Identificación de residuos	Etapa de proyecto	Cantidad de residuos	Destino del residuo generado	Tipo y manejo de residuos
Catalizador	Operación normal	-	A empresa proveedora	Tratamiento electrolítico de recuperación

- Residuos sólidos de operaciones anexas

Identificación de residuos	Etapa de proyecto	Cantidad de residuos	Destino del residuo generado
Residuos sólidos asimilables a urbanos	Operación normal	-	Almacenamiento
Envases de aceites y lubricantes (bidones, tambores, otros)	Operación normal	-	Almacenamiento

10.14. Cronograma de trabajos y plan de inversión para cada una de las etapas detalladas.

Actividad	Mes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aprobación del proyecto	■									
Adquisición y acondicionamiento del terreno.	■	■								
Adquisición de maquinaria y equipos			■							
Construcción de obras civiles y fundaciones	■	■	■	■	■					
Montaje mecánico		■	■	■	■	■				
Montaje eléctrico				■	■	■	■			
Montaje instrumentos						■				
Adquisición de materias primas e insumos						■				
Pre Puesta en servicio							■	■		
Puesta en servicio									■	
Puesta en marcha										■

10.15. Proyectos asociados

Según lo analizado, no tenemos proyectos asociados en el desarrollo de la obra o actividad del proyecto de producción de ácido acrílico.

10.16. Políticas de crecimiento a futuro

Nuestro objetivo a largo plazo es ampliar nuestras plantas para tener una mayor producción de ácido acrílico, que es el producto principal, y mejorar eficazmente la operación de ambas plantas, con más y mejor maquinaria y más cantidad de empleados, la estrategia estaría en aumentar nuestras ventas, satisfaciendo más consumidores por la calidad de nuestros productos y la rapidez de entrega de los mismos.

Además, una futura obra sería la instalación de una planta de producción de acrilatos, que tal como lo mencionamos antes, una aplicación del ácido acrílico es combinarlo con diversos alcoholes para la producción de acrilatos que tienen infinitos usos en la industria, esto aumentaría nuestras ventas, ya que atraeríamos otros consumidores y la imagen de nuestra industria.

10.17. Requerimientos de mano de obra, para cada etapa

La descripción que se detalla a continuación es la cantidad de personal estimado en cada etapa y sector de las plantas. Sólo se representa la cantidad estimada en un turno de 8 hs, se debe tener en cuenta que se cumplirán 3 turnos diarios, y cada planta tiene las mismas áreas y requerimiento de personal.

Mano de obra indirecta

Categoría	Cantidad de personal estimado por turno de 8 hs
Laboratoristas de calidad	2
Jefes de turno	1
Sala de control	2
Área de almacenamiento	2
Área de empaque y embarque	3
Área de control de calidad	2

Categoría	Cantidad de personal estimado por turno de 8 hs
Área de control de producción	2
Área de servicio y mantenimiento	6
Área de tratamiento de efluentes	2
Serenos	1
Cuidadores	1
Limpieza	2
Comedor	2

Mano de obra directa

Categoría	Cantidad de personal estimado
Área operativa	5

Personal de administración y ventas

Categoría	Cantidad de personal estimado
Presidentes	2
Vicepresidentes	2
Gerentes	2
Jefes de departamentos	1
Programadores	3
Asistentes	3
Secretarios	3
Técnicos	2
Choferes	5
Vendedores	3

Mano de obra requerida en la fase de construcción

Se considera que la cantidad de obradores requeridos durante la etapa de construcción, incluyendo, albañiles, gasistas, electricistas, mecánicos, maquinistas, etc., para terminar la edificación de las áreas descritas con anterioridad en un plazo de un año, es una cantidad estimada de 50 personas con trabajo diario de 8 horas.

En totalidad la instalación y operación de la planta en los 3 turnos, requerirá un total de personal estimado de 324.

10.18. En los casos que correspondiera materias primas demandadas y productos y subproductos producidos

Planta de Producción de Propileno

	Materias Primas	Cantidad	Unidad
Reactivo	Propano	13.876,1	Tn/año
Producto	Propileno	12.010	m ³ /h

Planta de Producción de Ácido Acrílico

	Materias Primas	Cantidad	Unidad
Reactivo	Propileno	12.010	Tn/año
	Aire	6,736	Tn/año
	Agua	20.620	Tn/año
Producto Principal	Ácido Acrílico	15.000	Tn/año
Sub Producto	Ácido Acético	405,22	Tn/año

10.19. Descripción y análisis del medio natural y socioeconómico

Se ha tomado como ámbito de referencia para realizar el inventario ambiental de los factores del Subsistema Físico-Natural el área de afectación directa del Proyecto indicada en el [punto 10.9](#), dado que la zona de afectación indirecta como ya se ha expresado por las características del mismo en cuanto a la emisión de efluentes al medio se consideran irrelevantes sus efectos, como quedará demostrado en el desarrollo del trabajo. La descripción del Subsistema Físico-Natural se desarrollará por unidades temáticas.

En cuanto al Subsistema Socio-económico se tomaron las unidades administrativas de Cutral C6- Plaza Huincul, considerando que alrededor de estos núcleos urbanos no se encuentra ningún otro pueblo o ciudad a menos de 70 Km.

10.19.1. Subsistema Físico Natural

10.19.1.1. Medio inerte

- **Aire**

Calidad del Aire

La calidad del aire del entorno, está condicionada por las actividades de su población y las diferentes industrias que se desarrollan. Aquellas vinculadas con el Parque Industrial de Cutral C6, situado al Oeste del área de influencia del Proyecto son de menores consecuencias debido a la distancia, no obstante encontrarse en dirección de los vientos predominantes.

Algunas de las principales fuentes de olores son:

- En el Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral C6 y Plaza Huincul, en los alrededores de la ubicación del proyecto, se detecta olor de forma intermitente.
- En el Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral C6 y Plaza Huincul durante el relevamiento efectuado, no se ha observado desarrollo de ninguna actividad industrial que genere emisiones importantes.
- Otras plantas que se encuentran dentro del mismo Parque Industrial son las de Petrolera Argentina S.A., destilería que procesara crudo para la obtención de Gas Oil, Kerosene y Naftas, y la de Neuform S.A., química que en una primera etapa producirá Formol y concentrado de Resinas Ureicas. Ambos emprendimientos cuentan con los Estudios de Impacto correspondientes donde se declara que las emisiones gaseosas resultado de los procesos de producción, no excederán los límites vigentes para las diferentes sustancias. Además la Central Térmica YPF S.A., New American Oil, Planta EET S.A., Planta de producción de biodiesel, y RENESA, producción de aromáticos.

Se describe en la tabla siguiente el relevamiento efectuado de las actividades desarrolladas:

Planta	Actividad		Descripción	Ubicación	Emisión
	Si	No			
Central T. YPF S.A.	X		Central Térmica de 40 MW	P.I.P.H	CO ₂ , SO ₂ y NO _x
Petrolera Argentina		X	Refinería de petróleo	P.I.Q.P PH-CCó	----
Neuform S.A.		X	Producción de formol y concentrado ureico	P.I.Q.P PH-CCó	----
NAO S.A.	X		Planta de asfalto	P.I.Q.P PH-CCó	----
EET S.A.	X		Tratamiento de residuos petroleros	P.I.Q.P PH-CCó	Olor y gases
Planta de producción de biodiesel	X		Producción de biodiesel	P.I.Q.P PH-CCó	----
RENESA		X	Planta de aromáticos	P.I.Q.P PH-CCó	----

Calidad ambiental

De la descripción de las emisiones producidas por las actividades industriales desarrolladas en el entorno, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

a) Olores

- La zona de Chacras de Plaza Huincul, y parte de la zona del Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral Có y Plaza Huincul (en este caso para vientos de dirección Suroeste y Oeste), se ven afectados por olor desagradable de la planta depuradora de líquidos cloacales, que se encuentra ubicada en el extremo Este de la zona de chacras.
- En el caso de vientos provenientes del sector Noreste al Sureste (mucho menos frecuentes), la zona afectada son los barrios de Plaza Huincul ubicado al Sureste de la ciudad.

b) Gases y partículas en suspensión

Debido a la proximidad de otras industrias situadas al Oeste en dirección a los vientos predominantes, obliga a determinar un valor de fondo (blanco) para conocer la situación pre operacional.

Después de diversas mediciones experimentales, como conclusión se puede afirmar que en general las concentraciones medidas se encuentran muy por debajo de los límites que indican contaminación, a excepción del SH₂ que se halla cerca del umbral de olor (en realidad, no

resulta perceptible este olor) y los hidrocarburos gaseosos se encuentran algo excedidos según estándares de calidad de la legislación española.

Por lo expuesto no se considera la posibilidad de la presencia en el aire de sustancias o formas de energía que alteren de forma sensible la calidad del aire dado que en el área no se han detectado emisiones importantes al respecto.

Confort Sonoro

La escasa actividad industrial y el discreto movimiento urbano en la actualidad implican un nivel de ruidos muy bajo en toda el área. Por lo que se considera un confort sonoro aceptable para todo el entorno, por debajo de los estándares de referencia.

Clima

Las localidades de Plaza Huincul y Cutral C6 se encuentran en la regi6n Oriental de la Provincia del Neuqu6n, caracterizada por un relieve de planicies y mesetas de baja altura. La regi6n est1 ubicada en una zona de influencia del Pac6fico. Al estar a sotavento de los cordones monta6os de la cordillera, que act1a como una barrera orogr1fica y no permite el paso de masas de aire cargadas de humedad, las precipitaciones descargan al oeste de la zona de estudio. Las masas de aire, llegan empobrecidas en humedad, gener1ndose las caracter6sticas de aridez: escasas precipitaciones de distribuci6n irregular y con gran variaci6n de un a6o a otro.

Temperaturas

La temporada templada dura 3,6 meses, del 24 de noviembre al 11 de marzo, y la temperatura m1xima promedio diaria es m1s de 25 6C. El d6a m1s caluroso del a6o es el 12 de enero, con una temperatura m1xima promedio de 29 6C y una temperatura m6nima promedio de 14 6C.

La temporada fr6a dura 3,2 meses, del 14 de mayo al 21 de agosto, y la temperatura m1xima promedio diaria es menos de 14 6C. El d6a m1s fr6o del a6o es el 17 de julio, con una temperatura m6nima promedio de -1 6C y m1xima promedio de 11 6C.

Precipitaciones

El viento proveniente del Pac6fico es el que regula el r6gimen de precipitaciones en la Patagonia, asciende en la vertiente occidental andina y descarga la humedad en forma de precipitaciones.

El aire seco, denso y frío se mantiene en altura y desciende hacia las zonas de baja presión como vientos cálidos y por lo tanto, deshidratantes.

Con estas condiciones en el área se registra un medio anual < 230 mm, el mes de mayor precipitación es octubre, con una media de 27,5 mm, en tanto el mes más seco corresponde a agosto con solo 8 mm. Estos datos nos demuestran que podemos caracterizar la zona como semidesértica.

Vientos

Un factor importante del clima en esta zona lo constituye, sin lugar a dudas, el viento. Dos son las direcciones dominantes de los vientos, la primera y más manifiesta es la proveniente del oeste suroeste, con valores del 20% y velocidades medias de 10 a 15 Km/h. La segunda de menor intensidad (5 a 7 Km/h), proviene del cuadrante Este y Noreste. En todos los meses del año hay viento en la región.

Heladas

Las heladas son frecuentes en el invierno, pero además pueden abarcar el otoño, así lo demuestran los registros de la estación meteorológica del aeropuerto de Cutral C6.

Humedad

La humedad relativa presenta una media anual de 47%, con máximas de 76,4% en junio y mínimas de 19,8 % en septiembre.

Radiación solar

La radiación solar en el entorno alcanza un máximo de 700 cal/cm²/día en el mes de diciembre y un mínimo de 200 cal/cm²/día en el mes de junio.

Evapotranspiración

La Evapotranspiración es alta debido a las condiciones de viento, la baja humedad relativa, la temperatura y la radiación solar, durante el verano es hasta diez veces mayor que en el invierno.

La evapotranspiración potencial es del orden de los 720 mm, con lo cual el déficit hídrico anual es del orden de los 540 mm.

Calidad ambiental

El clima se puede identificar como meso termal (templado a frío), con la aridez como principal característica y donde hay déficit hídrico casi todo los meses del año, homogéneo en toda el área.

Todo el entorno está sujeto a vientos de dirección dominante oeste muy fuertes, siendo los períodos de calma escasos. La capa de mezcla de aire es de las más altas medidas en el país llegando a superar los 3.200 m de altura y especialmente el fenómeno convectivo en la estepa Neuquina son los mecanismos más eficientes para disipar contaminantes en días de calma general.

- **Agua**

- **Aguas superficiales - Régimen**

Las precipitaciones anuales medias son del orden de los 180 mm, con distribución modal de máximas en el mes de octubre, donde hay un predominio de las lluvias sobre las nevadas, aún en invierno. El tipo de lluvias característico es de baja intensidad, con excepción de algunos episodios torrenciales de verano que revisten suma importancia en función de los riesgos que implican para la población y el ambiente, en algunos casos.

El agua precipitada circula en superficie con drenaje en manto o de modo encausado, este último puede ser de tipo dendrítico, paralelo en las bajadas de las bardas o radial en las pequeñas cuencas endorreicas como por ejemplo, la Laguna Colorada distante a 5 Km. al Noreste del Parque Petroquímico. En el área cercana al Proyecto existe un predominio del drenaje en manto debido a la configuración topográfica, con dos vertientes al Este y Sudeste, esta última con un incipiente encauzamiento en las proximidades del Cañadón Zapala.

En el balance hídrico hay un déficit anual en todos los meses a excepción del mes de junio donde se revierte dando un pequeño exceso. La evapotranspiración es muy importante debido a las condiciones climáticas y junto a las escasas precipitaciones contribuyen a que exista poca disponibilidad de humedad en el suelo, como también breves escurrimientos superficiales y efímeros espejos de agua posteriores a los episodios pluviales.

El Cañadón Zapala constituye un caso particular de aporte de aguas y líquidos vertidos por las poblaciones próximas, conformando el único cauce de flujo semipermanente en el tramo que se extiende al este del puente sobre la ruta n° 17 hasta las cercanías del cruce con la ruta n° 22.

Cantidad del recurso

El área en estudio, está ubicada en la meseta, en una posición casi equidistante a las cuencas de los ríos Limay y Neuquén a una distancia aproximada de 105 Km, en un espacio semi-árido donde como ya se ha explicado la evapotranspiración supera en mucho a las precipitaciones. No existe una comunicación efectiva alguna con ambos ríos, a excepción de las tomas sobre el río Neuquén de los dos acueductos que surten de agua al conglomerado urbano de Cutral C6 y Plaza Huincol con un caudal de 2.400 m³/h. El caudal medio del río Neuquén es 1.137.600 m³/hora.

Calidad ambiental

El agua de consumo del Parque Petroquímico, proveniente del río Neuquén, contiene una cantidad de sales disueltas comprendidas entre 92 y 186 mg/l. Debido a las condiciones naturales y la escasa intervención antrópica aguas arriba, puede considerarse como un curso no afectado por vertido de contaminantes ni alteraciones en su ecosistema. Aguas abajo de Paso de Indios, sobre el río Neuquén, existen las dos tomas para provisión de agua potable a las ciudades de Cutral-C6 y Plaza Huincol.

Con respecto al agua circulante por la red fluvial, esta lo hace de modo permanente solo en un tramo desde Plaza Huincol hasta el bajo de Challac6. Se han detectado en este tramo y la red de canales que distribuye a la zona de Chacras, presencia de contaminantes provenientes en parte de las deficiencias de tratamiento de la planta depuradora de efluentes cloacales y también de aportes de vertidos de la Refinería de Repsol-YPF y otras fuentes en las proximidades del Cañad6n Zapala.

o Aguas subterráneas - Régimen

A escala regional las formaciones acuíferas de mayor interés se localizan en niveles del Grupo Neuquén de edad Cretácico Superior. Se trata de cuerpos de areniscas lenticulares de origen fluvial, intercaladas por lentes de arcillas que forman un paquete complejo de capas permeables interconectadas que funcionan como conductos del agua proveniente de las precipitaciones, que recarga en la gran extensión de sus afloramientos.

En el área de Cutral C6 se señala al Miembro Huincol como la unidad más importante desde el punto de vista de la captación de aguas subterráneas. Esta sección productiva es de naturaleza compleja y está compuesta por una sucesión de arenas y arcillas lenticulares. Esta configuración hace difícil la diferenciación entre acuíferos libres y confinados. En general se pueden considerar a los acuíferos semi confinados ya que es muy probable que en algunos

sectores lleguen a vincularse con la atmósfera, debido a la discontinuidad horizontal de los mantos de arcilla.

En el perfil hidrogeológico local pueden dividirse dos unidades, definidas por la profundidad, procedencia y tipo de conducción del flujo subterráneo:

a) Acuíferos sub superficiales:

Se registran en distintos lugares de Cutral C6 y Plaza Huincul a profundidades de entre 2 y 40 m aproximadamente. Las referencias indican que todos los pozos que producen en estos niveles son de bajo caudal. En general estas captaciones se utilizan para consumo animal y riego.

En el predio de Petrolera Argentina ubicado 100 m al Este del predio del proyecto, el nivel freático se encuentra a 3 m de profundidad promedio con flujo en direcci6n al Sureste.

En el predio de Neuform S.A., se efectu6 una perforaci6n para medir el nivel est6tico y tomar muestras de agua. La profundidad del agua en este pozo alcanza 4,58 m.

En zona de Chacras de Plaza Huincul, al sur del Parque Petroquímico de Plaza Huincul-Cutral C6, se explotan pozos de hasta 30 m. de profundidad.

Estos niveles acuíferos, en algunos casos freáticos, est6n vinculados a una recarga local por infiltraci6n de agua de precipitaci6n y otros orígenes como riego, efluentes industriales y cloacales que sobrepasan en algunos casos los sistemas de drenaje existentes. El escurrimiento subterráneo de las aguas de estos acuíferos suele acompañar la configuraci6n topogr6fica de la cuenca, tal como sucede en la zona de chacras al sur, en los predios de Refinería Repsol-YPF, al sur de la localidad de Plaza Huincul y en el Parque Petroquímico. La direcci6n de flujo subterráneo de los acuíferos sub superficiales en el predio del Proyecto es NO a SE.

b) Niveles acuíferos profundos:

Se encuentran a profundidades de entre 70 y 200 m, fundamentalmente en el Miembro Huincul de la Formaci6n Rí0 Limay del Grupo Neuquén. Estos acuíferos fueron explotados para el abastecimiento de agua de las ciudades de Cutral-C6 y Plaza Huincul desde pr6cticamente su fundaci6n hasta la puesta en marcha de los acueductos provenientes del Rí0 Neuquén, llegando a producir hasta 6.000 m³/día sin descensos significativos de los niveles piezométricos. Esto prueba que existe una recarga suficiente para compensar las p6rdidas producidas por su explotaci6n. En la actualidad quedan pocos pozos en producci6n.

A diferencia de los niveles descritos en el título anterior, estas napas m6s profundas tendrían una mayor distancia de conducci6n horizontal que se evidencia por el contenido de

sales, poniendo en evidencia una recarga distante de fuente difusa. El estado del conocimiento actual y la complejidad del modelo hidrogeológico no permiten precisar ni aplicar con éxito los modelos clásicos de circulación hidrodinámica en regiones semiáridas. Según trabajos antecedentes (Galván, 1.965), el escurrimiento subterráneo regional de los acuíferos “profundos” es de SSO al NNE, con gradientes de flujo muy pequeños, del orden de 1 a 2° de inclinación.

El único caso de excepción es el pozo de Refinería que tiene un nivel de 12 m., el cual se puede deber a una conexión con los acuíferos sub superficiales. Posiblemente se deba a una falta de aislamiento de las capas productivas superiores con las más profundas, ubicadas normalmente a más de 50 m.

Cantidad

No se han efectuado estudios que conduzcan a estimar las reservas de estos acuíferos, solo se sabe que perforaciones realizadas hasta 150 m pueden producir caudales de 40 m³/h sin consecuencias indeseables de agotamiento de los niveles más profundos mencionados.

Con respecto a los primeros acuíferos, sub superficiales, la situación es distinta. Las reservas se estiman pequeñas dado su escaso desarrollo areal y vertical, en tanto la explotación actual a que son sometidas estas napas (riego y otros usos en la zona de Chacras) y la recarga limitada de las mismas indicaría que se hallan próximas a su caudal de base, aunque este dato deberá confirmarse.

Calidad ambiental

Se conocen datos hidroquímicos de las aguas subterráneas correspondientes a los denominados “acuíferos profundos”, y se los clasifica como aguas sulfatadas cálcicas, sódicas y calco sódicas. Por sus limitaciones para el riego se pueden considerar en promedio regulares.

La salinidad para consumo humano resulta algo limitante, no obstante pueden considerarse aptas. Cabe recordar que las poblaciones de Cutral C6 y Plaza Huincul consumieron durante 50 años agua subterránea de una batería de pozos que captaron de estos niveles.

Los acuíferos superficiales tienen en general salinidades menores, que le confieren mayor aptitud para diferentes usos, pero por su escaso confinamiento y cercanía al sistema de circulación superficial resultan más expuestas a la contaminación por efluentes industriales y cloacales. La primera napa (freática) de la zona de Refinería Repsol-YPF se encuentra muy

contaminada por productos que aportan hidrocarburos sobrenadantes, aromáticos, fenoles y metales pesados, que alcanzan más allá de los límites del predio.

c) Contenido de Hidrocarburos:

El pH es neutro (7,48), la conductividad eléctrica del agua es compatible con un contenido total de sales de alrededor de 2.000 mg/l, en tanto que el contenido de hidrocarburos es elevado (0,6 mg/l), superando los límites para remediación de la Norma Holandesa.

d) Vulnerabilidad del acuífero freático:

Para determinar la posible contaminación del acuífero freático se utilizó la técnica denominada Modelo DRASTIC, basada en la ponderación del entorno hidrogeológico. La ponderación de los factores se realizó a partir de los siguientes datos:

Profundidad media del agua	4 m
Recarga neta	80 mm
Acuífero	Areniscas friables
Suelo	Arena limosa
Topografía (pendiente)	Menor a 1°
Impacto zona vadosa	Areniscas friables

Ponderando cada factor y pesando su importancia según el modelo genérico se obtiene un valor de 154 sobre un total de 230 (equivalente a 67%) lo que refleja una elevada vulnerabilidad del acuífero, expresada como potencial de contaminación alto, según la clasificación desarrollada por el Instituto Tecnológico Geominero de España para el Mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos, adaptada para el modelo genérico aplicado.

- **Tierra - Suelo**

Relieve

- **Aspectos geomorfológicos regionales**

La localidad de Cutral C6 y todo el departamento de Confluencia pertenecen a la denominada Región Patag6nica Septentrional Extrandina (Frenguelli, 1.946). Est6

caracterizada por un relieve mesetiforme con una escasa pendiente al Este. El rasgo morfológico más sobresaliente es un extenso plano erosivo conocido como “planicie estructural de arrasamiento”, originado a partir de la erosión de los estratos menos resistentes de un conjunto sedimentario hasta la exposición en superficie de una capa muy resistente de considerable desarrollo areal. Esta planicie está desmembrada en unidades menores llamadas mesas y pedestales.

Los bordes de la meseta están afectados por erosión retrocedente del sistema de drenaje fluvial y por fenómenos de remoción en masa.

Las terrazas aluviales de los ríos Neuquén y Limay son otro rasgo morfológico importante. Comprenden cotas entre los 600 m.s.n.m. en Paso de Indios y 300 m.s.n.m. en la confluencia de los ríos Neuquén y Limay.

Los pedimentos de flanco del borde Sur del cerro Challacó, Senillosa y las bardas de Plottier son producto de la erosión lateral generada por cauces fluviales temporarios y por acción del drenaje de cuencas endorreicas. Estas últimas constituyen bajos o barreales cuya máxima expresión son los actuales lagos artificiales Los Barreales y Mari Menuco, cuyo origen es discutido debido a la combinación de procesos fluviales y eólicos.

Dentro de este contexto, las localidades de Cutral C6 y Plaza Huincul se encuentran situadas sobre el eje de una pequeña cuenca fluvial, de régimen temporario, cuyo principal cauce es conocido como “Cañad6n Zapala”. El terreno del Proyecto queda ubicado en el borde norte, topográficamente situado a 10 m sobre el nivel de base del cauce, que se desarrolla 500 m. al sur.

- o **Relieve local**

En el área de influencia del Proyecto se pueden distinguir dos geo formas que resultan de la intersección de una peniplanicie aluvial retirada del borde de meseta más próximo que se inclina suavemente hacia el sudoeste, y una cuenca fluvial de régimen permanente de cierta importancia conocida como Cuenca Central (localmente Cañad6n Zapala).

La transición de estas unidades geomorfológicas no es gradual sino abrupta, como resultado de un proceso erosivo fluvial reciente sobreimpuesto a la dinámica erosiva eólica de desarrollo más antiguo. A continuación se describen brevemente ambas geo formas:

a) *Peniplanicie aluvial*: es una unidad de gran desarrollo areal, de escasas pendientes no mayores a 3°, donde se combinan procesos de erosión y deposición eólica, subordinadamente

actúa la erosión fluvial de baja energía como un mecanismo de movilización de material en superficie. No alcanzan a formarse sistemas de drenaje continuo, sino erráticos y endorreicos.

En algunos sitios se encuentran remanentes erosivos de antiguas mesas o pedestales, como la loma del Barrio Campamento Uno y el Cerro de la Virgen en Cutral C6, algunas lomadas menores conforman suaves divisorias de agua. Los materiales aflorantes son mayoritariamente suelos y material aluvio-coluvial, con escasísimos remanentes de areniscas cretácicas. En el área de influencia del Proyecto ocupa gran parte de la superficie.

b) *Cauce*: es una unidad con una configuración lineal y muy restringida lateralmente por la acción de su principal proceso: la erosión fluvial. En algunos sitios se desarrollan zonas de deposición de sedimentos finos, que suelen ser removilizados en episodios de escurrimiento máximo. Casi toda su superficie es roca arenisca aflorante.

○ *Recursos Culturales*

Son conocidos en toda la región los recursos científicos de las formaciones aflorantes en casi toda la región extrandina. Muchos hallazgos se han producido por causa de las actividades de obras relacionadas con la industria, debido a las frecuentes excavaciones y movimiento de suelos que implican esta actividad antrópica al mismo tiempo que permite alumbrar riquezas científicas también suele ser destructiva cuando no se toman medidas preventivas o de control.

Los recursos más importantes son:

a) *Paleontológicos*: son de gran importancia científica, de interés mundial, y también revisten trascendencia social y cultural en la región. En el orden económico tienen valor para la actividad turística de la región. Los principales grupos de fósiles son:

- Dinosaurios, principalmente en terrenos cretácicos.
- Mamíferos, encontrados en sedimentos terciarios.

b) *Arqueológicos*: constituidos por restos de materiales de los primeros pobladores y de culturas autóctonas (utensilios, punta de flechas, armas, etc.).

○ *Recursos Minerales*

Existen dos recursos minerales excluyentes en el área de influencia, son el gas y el petróleo, los minerales sólidos no son significativos en el estado de conocimiento actual, a

excepción de la explotación de arcilla y de canteras para la construcción. A continuación se detallan:

a) *Suelos y áridos para la construcción*: estos materiales se utilizan para la construcción de terraplenes en las locaciones de pozos hidrocarburíferos y de la actividad de los Municipios. Hay un nivel de rodados parcialmente cementados, distribuido por el área irregularmente que sirve como material de compactación y relleno. Se han excavado algunas canteras pequeñas, de modo precario.

b) *Gas y Petróleo*: el área de estudio se encuentra asentada en los yacimientos hidrocarburíferos NI-Loma Negra, Dadin, Cutral Có, Puesto Tusquet, Bajo Baguales, Norte de la Dorsal., Octágono, con mediana producción de gas y petróleo.

Contaminación del suelo

Como resultado de un reconocimiento expeditivo en toda el área de influencia del Proyecto y de detalle en el predio del mismo y proximidades, se han podido detectar distintas causas de contaminación de los suelos producidas fundamentalmente por residuos sólidos y efluentes. A continuación se detallan:

a) *Residuos sólidos*: Son fundamentalmente de origen domiciliario e industrial por vertido incontrolado, esparcidos por los alrededores del área urbana. Existe un predominio de plásticos y cartones dispersados por el viento, chatarra y escombros de construcción.

b) *Efluentes industriales*.

Capacidad Agrológica

Los suelos que se desarrollan en el área de influencia del proyecto corresponden a dos clases en el sistema de clasificación adoptado por los autores del Mapa de Suelos de la Provincia de Neuquén (Ferrer, Irisarri y Mendía, 1998): Clases 59 (Torriortentes típicos y otros) y 62 (Torrifluventes típicos y otros).

Las características generales de estos suelos son las siguientes: desarrollo en peniplanicie aluvial con pendientes entre 2 y 5°, texturas gruesas a moderadas, perfil A1-C y limitaciones productivas generadas por el escaso desarrollo, fácil erosionabilidad y drenaje excesivo con acumulación salina en algunos casos.

La capacidad agrológica, basada en la clasificación del Ministerio de Agricultura de España, pertenece a las clases VI y VII (no discriminadas) que representan terrenos de usos

limitados para cultivos, en condiciones favorables solo utilizables para pasturas y/o forestación.

Calidad ambiental

La calidad ambiental del relieve se ve afectada en el área de influencia del Proyecto por las actividades económicas y humanas. Debido a la urbanización en los ejidos próximos ha habido modificaciones topográficas y en mayor medida se han intervenido los procesos modeladores del relieve por medio de las alteraciones del drenaje natural, impermeabilización del suelo, las barreras físicas al movimiento de masas de sedimentos y la erosión producida por el desmonte para construcciones y caminos. Otra actividad que ha contribuido a producir sensibles modificaciones en el relieve es la industria petrolera, que se desarrolla en la zona rural mediante las tareas sismográficas con desmonte por picadas, las aberturas de múltiples canteras para material de préstamo, las locaciones de pozos, plantas y tendidos de gasoductos, líneas eléctricas, caminos, etc.

La incipiente actividad industrial del Parque Petroquímico ha modificado el relieve del terreno natural de modo de compensar las diferencias de cotas por medio de trabajos de relleno y nivelación en cada predio. Los procesos modeladores del relieve solo se ven afectados por sutiles intervenciones en las trayectorias de partículas y deposiciones por obstáculos de edificaciones, equipos y alambrados; que en poco o nada han modificado la dinámica original.

Se debe considerar que ante los desmontes y excavaciones que se producirán debido a la construcción de la planta, existe riesgo de perder definitivamente recursos arqueológicos y paleontológicos siendo estos últimos los más sensibles a la destrucción y pérdida total.

A modo de conclusión, los suelos del área del Proyecto son de baja calidad en cuanto a su uso productivo y soporte de muy escasa biomasa, de poca variación genética y muy extendida.

- **Procesos**

Drenaje

- **Aspectos generales de la cuenca**

El drenaje de la zona se caracteriza por la presencia de cañadones o cauces agrupados en una cuenca o sub cuencas imbricadas, que se han desarrollado por la ocurrencia de lluvias

torrenciales en un régimen de precipitaciones escasas o temporarias. Un estudio antecedente de la hidrología local (Pérez Lavayén, 1.989) hace mención de una cuenca central dividida en tres sub cuencas: Cutral Có, Plaza Huincul y Challacó.

La sub cuenca Cutral Có tiene una vertiente convergente en la ciudad homónima, con un área de alrededor de 650 km², un ancho máximo de 38 Km. (en dirección Norte-Sur) y un largo aproximado de 21 Km. (en dirección Este-Oeste). Constituye las cabeceras de la Cuenca Central, con aportes principales de la Sierra del Portezuelo al Oeste y el Cerro Bayo Mesa al Sur.

En la ladera oriental de la Sierra del Portezuelo comienza a desarrollarse un sistema de drenaje con pendientes de 50 m/Km. que se atenúan al Este con valores de 12 m/Km. Esta sub cuenca posee dos cauces principales en dirección Sudoeste-Noreste, que convergen poco antes de llegar a la zona urbana, conformando un cauce conocido como “Zanjón” o Cañadón Zapala. Atraviesa la ciudad como una canalización revestida de suelo-cemento. Este cauce recoge el escurrimiento superficial de toda el área urbana.

La sub cuenca Plaza Huincul tiene forma elongada, casi rectangular, en dirección Este-Oeste, con un ancho medio de 8 Km y un largo de 20 Km. La altura máxima de este sector es de 700 m.s.n.m., en tanto que la mínima es de 400 m.s.n.m. y está conformado por cauces reducidos de escasa pendiente que confluyen al colector principal. El colector principal es el denominado “Zanjón” que se dispone paralelo a las vías del FFCC Roca y la Ruta Nacional n° 22.

La sub cuenca Challacó se desarrolla a partir de un amplio cono de deyección situado al Norte del colector principal, que tiene origen en las elevaciones de Barda de González, Cerro Challacó y Cerro Grande (cotas superiores a los 700 m.s.n.m.). La vertiente Sur de la sub cuenca corresponde a encauzamientos del Sudoeste y de la zona de Aguada de Carrizo. El drenaje de la cuenca se desarrolla hacia el Este, desdibujándose por completo en la zona de Barreales Colorados por infiltración.

Como conclusión, teniendo en cuenta este modelo de Pérez Lavayén y reinterpretando la red de drenaje superficial en relación con la litología aflorante, el área de influencia del Proyecto se encuentra situada al Noreste de las cabeceras de una cuenca cuyo cauce principal es el Cañadón Zapala, de una superficie aproximada a 1500 km² y forma elongada en dirección Suroeste-Este, con sentido de escurrimiento al Este.

En el sector de cabeceras, al Oeste, el drenaje es poco denso y de tipo dendrítico, a causa de las mayores pendientes y la predominancia de suelos arenosos que favorecen la

infiltración. En un límite aproximado al trazo de la Ruta Provincial n° 17 se observa un aumento del carcavamiento y de la distribución del drenaje, con el aporte de colectores provenientes de las proximidades de la Aguada de Carrizo y más al Sur de la ladera Norte del cerro Bayo Mesa. A partir de Challacó y hacia el Este, podemos definir un mayor aporte proveniente de las bardas del Norte, en tanto que al Sur el drenaje se torna exiguo y errático.

Por último, en la zona de descarga de esta cuenca, la disposición de los cursos tiende a ser paralela o errática, con estancamientos y lagunas (Barreales Colorados) que pueden significar, también, algún aporte de aguas subterráneas freáticas.

○ **Drenaje natural del Parque Petroquímico de Cutral Có – Plaza Huincul**

La superficie ocupada por el Parque integra la sub cuenca Plaza Huincul de la Cuenca Central (Pérez Lavayén – 1.989), presentando una pendiente media general inferior a 1° en dirección al Este- Sureste.

Al Sur del Parque, cruzando las vías del ferrocarril y la ruta Nacional 22, transcurre el Cañadón Zapala que resulta el colector principal de la Cuenca Central.

Los cursos de agua del sector son de carácter efímero. El diseño más frecuente corresponde a cursos difusos y anastomosados que aportan sus aguas a cauces bien definidos o bien desaparecen por infiltración. Los cauces con carcavamiento, generalmente de corta extensión, se tornan difusos hacia los bajos y también desaparecen por infiltración. Las picadas sismográficas actúan localmente como colectores en cortos tramos facilitando el encausamiento.

La tendencia del escurrimiento superficial es hacia el Cañadón Zapala pero en la mayor parte del área se produce infiltración sin que las aguas alcancen a cruzar las vías por las alcantarillas existentes.

Por el límite norte del Parque transcurre un cauce que tiene sus nacientes en una divisoria Norte – Sur localizada en el sector Oeste. Se origina de una serie de cursos difusos que forman dos cauces relativamente importantes que convergen en un punto. A partir de este punto continúa paralelo a la calle de conductos hasta perderse por infiltración a unos 1.300 m más al este. En este tramo recibe aporte de cursos difusos procedentes de ambas márgenes.

En los alrededores del predio de la Planta Petrolera Argentina el escurrimiento es predominantemente en manto con infiltración de las aguas tras recorrer una corta distancia. No existe continuidad en el drenaje que permita que las aguas lleguen al Cañadón Zapala. Al

Este de esta planta el escurrimiento en manto aporta las aguas a una picada sismográfica de rumbo 160° que presenta carcavamiento incipiente.

En el sector Sur del Parque, próximo a las vías, se produce un aumento de pendiente debido al borde de cauce del Cañadón Zapala. Aquí se formaron cursos bien definidos de corta extensión que se alimentan de la red difusa localizada en la peniplanicie aluvial. Una de estas redes se localiza al Este de la Planta de EET y Sur-Sureste de la de NAO. Se trata de una red difusa anastomosada que converge formando un cauce de 100 m de longitud que culmina en un bajo en donde el escurrimiento se torna mantiforme cruzando la calle en dirección a las vías. Esta calle actúa como colector del flujo en manto procedente del norte. Presenta carcavamiento incipiente. En los bajos se produce transvase al Sureste, rumbo a las vías. A 500 m. al Este del paso a nivel del acceso al Parque comienza una bajada importante. Al borde del terraplén de las vías se ha originado cauces con carcavamiento importante que transcurriendo por la cuneta norte conducen sus aguas a una alcantarilla que permite la comunicación con el Cañadón Zapala. Esta alcantarilla se localiza 1000 m. al Este del paso a nivel del acceso al Parque. En el extremo Sureste del Parque se localiza una pequeña cuenca cuyo drenaje converge cruzando las vías por una alcantarilla aportando sus aguas al Cañadón Zapala.

Erosión

Existen dos tipos de procesos erosivos dominantes en la zona, el eólico y el fluvial:

1. Erosión eólica

Actúa fundamentalmente sobre toda la superficie expuesta, debido a la frecuencia e intensidad de los vientos. Tiene una mayor incidencia en las partes elevadas, configurando las llamadas superficies de arrasamiento. En los sectores intermedios de bajada, se produce erosión eólica de menor magnitud debido al efecto de barrera de vientos que producen las “bardas”. La capacidad de transporte del viento involucra a partículas finas, principalmente limos sueltos, hasta arenas finas, y en algunos casos (tormentas de tierra) moviliza en suspensión aérea arenas de tamaño medio y causa rodamiento de granos gruesos.

2. Erosión fluvial

Se produce de modo semi-permanente en la parte media de la cuenca, donde existe un caudal de aporte antrópico. Hay sectores donde predomina la erosión y otros donde está subordinada a la acumulación de sedimentos depositados por la corriente fluvial, pero en el

balance histórico del perfil de base de estos cursos predomina la erosión sobre la sedimentación. Los cauces efímeros y el carcavamiento de barrancos y taludes son testimonio de la capacidad erosiva del agua en episodios torrenciales de precipitaciones.

3. Sedimentación

Como proceso complementario a la erosión, se producen sedimentaciones de tipo eólica y fluvial, configurando depósitos diferenciados por su procedencia:

- a) *Depósitos eólicos*: Las "tormentas de tierra" constituyen el mecanismo con mayor capacidad de transporte y acumulación de sedimentos finos y arenosos en toda la región.

La medanización incipiente se produce en algunos sectores como consecuencia de cambios bruscos de la pendiente del terreno o la presencia de obstáculos que favorecen la acumulación. Es común presenciar este fenómeno en algunos matorrales o grupos densos de jarillas, donde a barlovento se producen pequeños médanos que pueden crecer hasta vencer la resistencia del obstáculo y comenzar a desplazarse.

- b) *Depósitos fluviales*: Los episodios de inundación contribuyen a la deposición en manto de sedimentos en las incipientes planicies aluviales del Cañadón Zapala, pudiendo ser removidos posteriormente por la erosión de corriente en algunos sectores.
- c) *Depósitos de bajada*: Se generan en los bordes de la meseta, específicamente en la zona de bajada donde se manifiestan movimientos de remoción en masa y deslizamientos de terreno por causas gravitacionales.

Incendios

No son frecuentes por la ausencia de pastizales y árboles, la baja densidad del substrato arbustivo no permite fácilmente la generalización del fuego, por lo tanto los focos suelen quedar confinados a zonas de extensión media debido a la naturaleza de la vegetación. No obstante existe mayor riesgo de ocurrencia en épocas de sequía debiendo aumentar las precauciones por siniestros que puedan producirse dentro de la planta y puedan alcanzar las zonas aledañas.

Sismicidad

El Reglamento CIRSOC 103 (Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de

Seguridad para las Obras Civiles), divide al territorio de la República Argentina en cinco zonas, de acuerdo con el grado de Sismicidad, que se especifican en la siguiente tabla:

Zonificación sísmica en función del grado de sismicidad	
Zona 4	Sismicidad muy elevada
Zona 3	Sismicidad elevada
Zona 2	Sismicidad media
Zona 1	Sismicidad moderada
Zona 0	Sismicidad muy reducida

La provincia del Neuquén y el Departamento de Confluencia, dentro del cual se encuentra el área de estudio, está comprendido en la zona 1, de sismicidad moderada.

Valor del factor de riesgo	
Construcción	Factor de riesgo
Grupo Ao	1,4
Grupo A	1,3
Grupo B	1

En cuanto al agrupamiento de las construcciones según destino y funciones, a los fines de establecer los requerimientos de previsiones, la obra del Proyecto está comprendida dentro de construcciones e instalaciones cuyo colapso produciría pérdidas de magnitud intermedia que pertenecen al grupo B, cuyo factor de riesgo (según tabla superior) es igual a 1.

Calidad Ambiental

Para un mejor análisis de las condiciones del drenaje actual del entorno se diferencian a continuación los sistemas:

a) Sistema de drenaje natural del Parque Petroquímico: Se caracteriza por un bajo escurrimiento superficial evidenciado por la escasísima densidad de líneas y la discontinuidad entre ellas; hay un predominio del escurrimiento en manto e infiltración. Las alteraciones de este sistema se deben a la apertura de calles, el tendido de gasoductos y picadas sismográficas. Estas alteraciones no producen modificaciones importantes en el sistema natural.

b) Sistema de drenaje artificial del Parque Petroquímico: La tendencia del sector es aportar las aguas al Cañadón Zapala que se encuentra al Sur de los terraplenes de las vías del ferrocarril y de la Ruta 22. El cruce de las aguas se produce a través de alcantarillas que

permiten el drenaje de una superficie restringida a las proximidades de las vías ya que no existen cursos procedentes de más al Norte. Una de ellas se localiza 170 m al Este del paso a nivel del acceso a Barrio Campamento Uno. Otra alcantarilla se encuentra 1.000 m al Este del acceso al Parque y una tercera alcantarilla se localiza en el extremo Sureste del parque. Para facilitar el escurrimiento de agua en bajos de la calle sur del parque se realizaron zanjos para guiar las mismas en dirección a la cuneta de las vías. Estas zanjas se pueden observar al Sur de la planta EET y la de NAO. En el camino de acceso al parque se instalaron alcantarillas paralelas a las cunetas de las vías para comunicar hidráulicamente ambos costados del cruce. Para facilitar la descarga de aguas de esta calle en la cuneta norte de las vías se dejaron aberturas en el cordón cuneta a modo de boca de tormenta, a ambos costados de la calle. Fuera de estas obras de arte no hay otra infraestructura de drenaje superficial.

Considerando dentro de los procesos al sub factor de la dinámica erosiva, se puede afirmar que tanto la erosión eólica como la fluvial tienen relevancia en el entorno por ser los procesos actuales de modelación del relieve, que se manifiestan evolutivamente como una clara tendencia a la nivelación del paisaje.

Con relación a la sedimentación es un proceso importante en el área de estudio por la acumulación consecuencia de la intensa actividad erosiva, fundamentalmente eólica. Debido a la escasa cobertura vegetal, el proceso de medanización reviste particular relevancia, llegando a resultar nociva para los hábitats por su poder invasivo de cobertura.

No obstante exista algún riesgo de incendio por las condiciones naturales de la vegetación y el clima, las normas de seguridad de la futura planta disminuyen en gran medida las probabilidades de un incidente que pueda proyectar sus efectos más allá de los límites de la misma.

En cuanto al riesgo sísmico, tenemos que la planta está comprendida dentro de construcciones e instalaciones cuyo colapso produciría pérdidas de magnitud intermedia, que integran el tipo B, cuyo factor de riesgo es igual a 1.

10.19.1.2. Medio biótico

Vegetación

○ **Caracterización biogeográfica del área de influencia**

Desde el punto de vista biogeográfico, la zona de emplazamiento del Proyecto se ubica dentro de la Región Neotropical, Dominio Chaqueño, Provincia del Monte.

La división de la región Neotropical en dominio Chaqueño y en la provincia del Monte se basa exclusivamente en la vegetación existente, intentando integrar animales y plantas dentro del mismo territorio.

La provincia del Monte se extiende sobre zonas áridas del territorio argentino, desde el paralelo 27 al 44 (desde Salta al nordeste de Chubut). Desde el punto de vista biogeográfico, el Monte forma al Este, amplios ecotonos con la Provincia del Chaco y con la del Espinal; al Oeste y Sur limita con las provincias de la Prepuna y Patagónica respectivamente.

Considerando toda su extensión presenta una fisonomía variada: llanuras arenosas, bolsones, mesetas, laderas bajas de montañas, siendo constante en su porción septentrional un clima seco y cálido, un poco más fresco hacia el sector meridional. Las precipitaciones varían de 80 a 250 mm Anuales, y la temperatura oscila en un promedio anual entre 13 y 15,5 °C.

No obstante su extensión, la Provincia del Monte es homogénea tanto en su composición florística como también en la fisonomía de su vegetación.

- **Unidades de Vegetación**

En el territorio provincial de Neuquén el Monte extiende su cubierta vegetal en forma de una estepa arbustiva, con elementos bajos y esparcidos, que dejan entre ellos grandes espacios de suelo desnudo.

Esta estepa desarrolla la mayor parte de su extensión entre los 300 y 700 metros sobre el nivel del mar, alcanzando paulatinamente los 1.200 metros hacia el oeste. Las temperaturas medias anuales del área presentan una variación entre los 11 y 15 °C, mientras que la precipitación media anual oscila entre los 130 y 200 mm.

En la zona circundante al Parque Petroquímico de Plaza Huincul y Cutral C6 se distinguen, de acuerdo Mapa de Vegetación de la Provincia, dos unidades fisonómicas de vegetación natural, descritas por Movia et al. (1.982) bajo las referencias E2 y E13.

a) *Descripción de la Unidad E2:* Esta unidad comprende la estepa arbustiva media a alta conformada por *Larrea divaricata* como especie dominante y *Atriplex lampa* como co-dominante. Junto a ellas se desarrollan diversas especies acompañantes. La altura media de la cubierta vegetal es de 1,20 m.

Esta unidad resulta la más extensa del Monte neuquino con una superficie aproximada de 1.080.000 hectáreas, encontrándose en piedemontes extendidos de poca pendiente (menos del 5%) o sobre áreas planas. Se ubica entre los 300 y 500 m llegando hacia el oeste hasta los 800.

La unidad *Larrea divaricata*- *Atriplex lampa* se encuentra en asociación con suelos de textura gruesa en superficie.

El primer estrato lo conforman *Larrea divaricata* y *Bougainvillea spinosa*, es frecuente el acompañamiento de *Monttea aphylla* y *Larrea cuneifolia*. La altura media del estrato es de 1,50 m. Entre los 0,70 y 1,00 m se desarrolla el segundo estrato con la presencia característica de *Atriplex lampa*. El tercer estrato, entre 0,05 y 0,60 m., se encuentra formado por arbustos, subarbustos y Gramíneas perennes. Son frecuentes el tomillo (*Acantholippia seriphioides*), *Stipa speciosa* y *Gutierrezia solbrigii*, con menor frecuencia se observa *Cassia aphylla* y *Grindelia chilensis*. La cobertura de efímeras (0,05 m.) es menor al 15%, siendo común el *Plantago patagonica*.

b) Descripción de la Unidad E13: En esta unidad la dominancia específica se encuentra representada por *Atriplex lampa* junto con otras especies acompañantes que confieren a la estepa una fisonomía baja y abierta.

Es significativa la mayor variabilidad en la presencia de especies acompañantes como consecuencia de una mayor variabilidad del territorio sobre el que se desarrolla. La unidad ocupa una extensión de aproximadamente 492.000 hectáreas, desde los 400 hasta los 1.000 metros de altura, siendo más frecuente entre los 700 a 1.000 metros sobre relieves planos o subnormales a veces apareciendo en terrenos suavemente ondulados y excepcionalmente quebrados.

En relación a los suelos se encuentra asociada a materiales de textura fina (limo-arcillosa o arcillosas), no observándose impedimento duros a profundidad.

Los zampales se desarrollan, en dos estratos, hasta una altura media de 0,50 m, estando ausente el estrato superior definido para las otras unidades precedentemente citadas. La vegetación más alta, entonces, se encuentra representadas por *Atriplex lampa* acompañada por *Lycium chilense*, *Prosopis alpataco* var. *Depressum*, *Schinus polygamus*, *Chuquiraga hystrix*. El segundo estrato, con una altura media de 0,25 m. se encuentra formado por *Grindelia chilensis*, *Acantholippia seriphiodes*, *Stipa speciosa* y *Stipa humilis*.

El grado de cobertura vegetal de terreno del Proyecto y alrededores, corresponde a la Unidad E2.

○ **Especies forrajeras autóctonas**

Cabe destacar que la zampa (*Atriplex lampa*) es la única especie presente en la zona que tiene valor forrajero de acuerdo a estudios experimentales.

○ **Vegetación en el área de influencia del Proyecto**

a) *Observaciones correspondientes a la Unidad de Vegetación E2: Jarilla-Zampa*

En los relevamientos de campo se constató la descripción estructural y florística aportada por la bibliografía consultada, excepto por la ausencia de la codominante del estrato superior *Monttea aphylla* (matasebo). En relación a esto último se observó una mayor alteración del estrato herbáceo y una mayor superficie de suelo desnudo en los sitios próximos a Plaza Huinul. Particularmente en ellos se notó la abundancia de melosa (*Grindelia chilensis*) perteneciente al segundo estrato, la presencia de estiércol de ganado caprino y de basura domiciliaria, en particular de la fracción ligera, que es dispersada por la fuerte acción eólica de la zona.

La ausencia de matasebo da cuenta de la utilidad como leña que encuentran en esta planta los pobladores. La presencia de deyecciones de ganado caprino, el suelo desnudo sin efímeras y la abundancia de *Grindelia chilensis* (planta no palatable) indican el sobrepastoreo de las zonas más próximas a la ciudad.

b) *Observaciones sobre implantaciones de la Zona de Chacras*

Las especies arbóreas existentes son de origen alóctono, implantadas. La finalidad de estas plantaciones es fundamentalmente como barreras de viento y sombra. Predominan los álamos sobre otras variedades como eucaliptos, sauces, pinos y cipreses. También existen árboles frutales y formas arbustivas como el tamarisco y otras ornamentales. Los cultivos son principalmente de forrajeras (alfalfa), maíz y otras. Es común la producción de huerta a cielo abierto y en viveros, de carácter familiar y artesanal. El sistema de riego existente es por canales provenientes del Cañadón Zapala, complementariamente se utilizan perforaciones con captaciones de aguas subterráneas de las primeras napas.

Calidad ambiental

En el área de influencia del Proyecto existen diferentes causas de alteración de la cubierta vegetal autóctona e implantada, que se pueden describir de la siguiente forma:

- a) Desmonte total en grandes sectores fundamentalmente de la planta urbana de ambas ciudades y sitios aledaños que afecta a la vegetación autóctona del Monte, debido a construcciones, caminos, picadas, sitios de préstamo, etc.
- b) Reforestación en las áreas antropizadas descritas anteriormente fundamentalmente con especies alóctonas arbóreas y gramíneas.
- c) Forestación con especies arbóreas de zonas peri-urbanas que conservan parte de la cubierta vegetal autóctona.

- d) Pérdida de especies por prácticas de extracción en las unidades vegetales autóctonas, como el caso del matasebo para provisión de leña en la zona periurbana y el pastoreo intensivo.
- e) Pérdida de especies arbóreas implantadas por fugas de gas y líquidos contaminantes en el suelo, falta de irrigación, vientos de gran intensidad, contaminación por partículas en suspensión y plagas.
- f) Deterioro de la cubierta vegetal por presencia de basura, escombros y chatarra esparcida en los alrededores del área urbana.

El grado de alteración en el entorno es significativo en el sector urbano y periurbano de ambas localidades, observándose una intervención cada vez menor, hasta alcanzar un mínimo a unos 5 Km aproximadamente al Este del Parque Petroquímico.

Fauna

El área en estudio se encuentra en el dominio Andino-Patagónico desde el punto de vista zoo geográfico, recibiendo aportes de la fauna de montaña y de la estepa patagónica proveniente del Sur. En ella están representados los siguientes grupos:

- **Mamíferos**

Son característicos, entre los marsupiales, la comadreja overa (*Didelphis azarae*) y el ratón de palo (*Marmosa pusilla*). Los murciélagos se encuentran representados por los géneros *Histiotus*, *Myotis*, *Tadarida* y *Eumops*; hay zorros (*Dusicyon*), hurones (*Lyncodon* y *Galictis*); zorrinos (*Conepatus*), un gato montés de las salinas (*Felis goffroyi salinarum*), el yaguarundi (*Felis yagouarundy*), el gato de los pajonales (*Felis pajeros*) y el puma (*Puma concolor*). Los roedores son abundantes representados por la mara (*Dolichotis patagonum*), las vizcachas de la sierra (*Lagostomus*), cuises del género *Microcavia*, varios tuco-tucos (*Ctenomys*), ratas y ratones (*Reithorodon*, *Phyllotis*, *Eunemys*). Entre los armadillos se encuentra el pichiciego (*Chlamyphorus truncatus*), endémico de la provincia del Monte, el piche llorón (*Zaedyus pichiy*) y los peludos *Chaetophractus villosus* y *Ch. vellerosus*.

- **Aves**

Dominan los elementos chaqueños, patagónicos y otros de tipo endémicos. Pueden citarse como representativos a los géneros de perdices (*Notthoprocta cinerascens* y *Nothura darwini*), martinetas (*Eudromia elegans*), loro barranquero (*Cyanoliseus patagonum*), cotorras serranas (*Bolborhynchus aurifrons* y *Amoropsittaca aymara*), corredora (*Teledromus fuscus*), monterito (*Poospiza ornata*) etc.

○ **Reptiles**

Son especies características en el Monte la boa de las vizcacheras (*Constrictor constrictor*), la víbora coral (*Micrurus*), la yarará (*Bothrops*); se encuentran también lagartijas de los géneros *Leiosaurus*, *Liolaemus* y *Tropidurus*, iguanas (*Tupinambis*), Geckónidos (*Homonota*, *Gymnodactylus*) y *Geoquelone* (tortuga terrestre).

○ **Hábitat**

Los animales se adaptan al medio semi-árido, desarrollando estrategias como la vida en el suelo que le sirve de refugio, bebiendo escasamente agua y resultando buenos corredores para evitar la depredación. Entre ellos se encuentran roedores, liebres (especie exótica), liebre patagónica (mara) y el ñandú.

Los cricétidos o ratones de campo, cuises y tunduques construyen cuevas debajo arbustos como las jarillas y la zampa. La mayoría de estos animales tienen hábitos nocturnos, razón por la cual son difíciles de observar durante el día. Otro roedor raro y endémico para la región es la rata vizcacha colorada, que se ha adaptado a la vida en depresiones salinas. Algunos guanacos fueron observados en la zona, entre los mamíferos de mayor porte también se encuentran el zorro gris, el colorado y el puma.

Las aves están muy bien adaptadas, el caso del ñandú como ave corredora. Hay muchas especies terrícolas, como el gallito arena y las martinetas, hay otras con hábitos cavícolas como el loro barranquero, que nidifica en cuevas de barrancas. Las aves de presa son características de esta región, encontrándose halcones, caranchos, chimangos y gavilanes, y entre las aves carroñeras los jotes.

De acuerdo a las observaciones de campo realizadas, la fauna es escasa en especial en lo que respecta a su población y también a la diversidad de especies.

○ **El territorio de Neuquén en la ruta de aves migratorias**

A los taxones citados anteriormente como propios de la provincia biogeográfica del Monte, deben incluirse aquellas aves que dentro de su ciclo de vida realizan migraciones estacionales, proviniendo de sitios lejanos. Teniendo al territorio del Neuquén como lugar de paso en sus rutas migratorias o de nidificación.

○ **Especies vulnerables**

El área registra muy pocos endemismos y no tiene especies consideradas en peligro según los estándares internacionales. En cambio, si hay especies calificadas de vulnerables según

critérios de Listas Rojas de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza, afectadas sobre todo por la alteración de sus hábitats a causa del pastoreo extensivo.

La simbología es la siguiente:

L.R.A: Estatus en Libro Rojo de Mamíferos, Aves y Reptiles amenazados de la Argentina.

VU: Vulnerable

RB: Riesgo Bajo

pm: Preocupación menor

v: Potencialmente vulnerable

MAMIFEROS		
Nombre	Especie aprovechable Usos	L.R.A
Cuis chico	-	RB pm
Guanaco	-	RB pm
Liebre patagónica	-	VU
Pichi patagónico	-	RB pm
Rata vizcachera colorada	-	VU
Zorro colorado	Piel	VU
Zorro gris	Piel	RB pm

AVES		
Nombre	Especie aprovechable Usos	L.R.A
Aguilucho	-	-
Carancho	-	-
Chimango	-	-
Jote cabeza colorada	-	-
Jote cabeza negra	-	-
Loro barranquero	Mascota	-
Martineta	Carne	-
Ñandú	Plumas-Carne-Huevos	VU

Calidad ambiental de la fauna

En el ecosistema terrestre varias de las especies más llamativas de la fauna silvestre están catalogadas como vulnerables por disminución en sus poblaciones, causadas principalmente por alteraciones en su hábitat y en algunos casos la caza. De ahí la importancia de controlar la introducción y la permanencia de residuos que puedan resultar tóxicos o de alguna manera dañinos para la fauna, y de impedir la persecución o caza por la actividad generada.

En el área de influencia del Proyecto se puede definir la alteración principal como causa de la actividad antrópica de urbanización y actividad industrial petrolera. Secundariamente existen perturbaciones en la zona rural debido a la presencia de pobladores (puesteros) de residencia permanente en el campo.

Las alteraciones más frecuentes son los desplazamientos de población por invasión de territorio, el deterioro del hábitat por introducción de residuos y materiales extraños, el desmonte de vegetación que contribuye a disminuir la protección que constituyen los arbustos para el anidamiento, reproducción y vivienda (cuevas, madrigueras, nidos, etc.), los ruidos, el tránsito automotor y humano, las actividades depredativas como la caza y los vertidos tóxicos.

Los desplazamientos de la fauna a sitios lejanos y solitarios es un proceso que tiene su mayor importancia a través del tiempo, y actualmente gran parte de él se ha producido como consecuencia de las actividades descriptas.

Las especies de mamíferos y aves vulnerables (liebre patagónica, rata vizcachera, zorro colorado y ñandú) han sufrido desplazamiento del área por las actividades antrópicas anteriormente citadas. En tanto, algunas aves migratorias utilizan las arboledas de la zona como refugio o descanso en sus trayectorias al Sur y al Oeste, no obstante, no existen cuerpos de agua considerables en la zona, a excepción de la laguna Colorada cuando se colmata después de las lluvias. La urbanización del sitio, con la consiguiente forestación, ha servido para constituir una escala de viaje para las aves en sus rutas migratorias.

10.19.1.3. Medio perceptual

Paisaje

○ Paisaje intrínseco

El paisaje característico en el área de influencia del Proyecto está conformado por un núcleo urbanizado envuelto por una zona periurbana de industrias y chacras muy perturbada por la dispersión de residuos sólidos, que se proyecta en la zona rural próxima como una

estepa arbustiva modificada por elementos de la actividad pecuaria y petrolera. Por último, los planos lejanos sobre el horizonte revisten un verdadero carácter natural definido por las elevaciones de la Barda González y cerro Challacó al Este y la sierra de Portezuelo al Oeste.

La zona al Este de Plaza Huincul, donde se encuentra el “Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral Có y Plaza Huincul” creado por la Ley Provincial 1.604, Decreto Provincial 4.257 y Ordenanza Municipal de Cutral Có 1.667/97, con una superficie aproximada de 430 Ha, cuya localización surge como consecuencia del estudio de un Plan de Ordenamiento Urbano de ambas ciudades, realizado por la Consultora del Plata S.A. en el año 1981, no se caracteriza por contener unidades paisajísticas de importancia, dado que domina la homogeneidad, con excepción de la zona del Zanjón, y la antropizada de las chacras al sur del mismo, las cuales confieren una singularidad a la uniformidad predominante.

Intervisibilidad

Potencial de vistas

El área de influencia del Proyecto se extiende en forma alargada de Oeste a Este aproximadamente, sobre una depresión topográfica denominada Cuenca Central. El potencial de vistas del área se manifiesta desde:

- a) El denominado mirador del Barrio Campamento Uno en el cual se puede apreciar una vista panorámica desde el Norte, que barre en un arco de 180° desde el Este pasando por el Sur hasta el Oeste de la zona. Desde él se pueden apreciar claramente parte de las ciudades de Plaza Huincul y Cutral Có, la ruta, el ferrocarril y la zona de chacras. El desnivel desde donde se observa es de alrededor de 100 m en su parte más profunda.

Incidencia visual

La incidencia visual de la futura planta en el Parque Industrial resultará perceptible para quién circule por la ruta nacional n° 22, desde donde se podrán observar a lo largo del trayecto las instalaciones actuales de las firmas NAO, Petrolera Argentina, Planta de producción de Biodiesel, EET, Neufarm, Central Térmica de YPF-Repsol y Renesa. En este trayecto, desde el punto de vista de un observador que circula por la ruta, no existirá una ruptura abrupta con el paisaje rural debido a que la planta del Proyecto integra el Parque Petroquímico y es este, en su totalidad, es el rasgo dominante del paisaje.

En las vistas situadas a más de 2 Km. de la planta, mencionadas en el título anterior, no existe una incidencia visual significativa debido a la escala de la futura planta y fundamentalmente al entorno ya industrializado del Parque.

Calidad ambiental

Considerando la intervisibilidad y la incidencia visual en el entorno, en el Parque Petroquímico se encuentran instaladas varias plantas ya mencionadas, por lo que se considera en este contexto que la nueva planta no modificará sustancialmente la escena paisajística actual.

10.19.2. Subsistema Socioeconómico – Cultural

10.19.2.1. Usos del suelo rústico

Usos recreativos al aire libre

○ Recreo concentrado

En la zona más próxima al Proyecto se encuentran como lugares de recreación, el parque aeróbico de Plaza Huincul que nace en la intersección de la ruta provincial n° 17 con la ruta nacional n° 22 y corre paralelo al norte de esta hasta lo que se denomina "La Torre", que es la entrada a Refinería, el barrio Campamento Uno y el parque recreativo de Copelco que se encuentra al Este de la Refinería delimitando al norte con el barrio Campamento Uno, al este con la entrada al mismo barrio y al sur con la entrada a Refinería.

En la zona de chacras de Plaza Huincul se encuentran ubicados, un club privado de recreación que es utilizado especialmente en los meses de verano dado que posee dos piletas para natación, localizado al suroeste de la planta. Al sureste de la misma, hay un predio dedicado a las actividades tradicionalistas.

En la zona urbana de Plaza Huincul, sobre la ruta 22, se encuentra el parque lineal, en el cual se concentra gran cantidad de vecinos los días que son favorables a las actividades al aire libre.

- **Miradores turísticos**

El denominado mirador del Campamento Uno y la loma sobre la ruta n° 17, situada a 4 Km al sur de Plaza Huincul, son los únicos lugares del entorno, en los cuales se puede apreciar una vista panorámica.

Uso productivo

- **Uso agrícola y ganadero**

Esta actividad se encuentra concentrada específicamente, en la zona próxima al Proyecto, en las chacras de Plaza Huincul, si bien en la actualidad tiene un desarrollo incipiente en la medida que el problema de la escasez de agua sea resuelto utilizando el agua, que tratamiento de por medio, llega a la planta depuradora de los líquidos cloacales de ambas ciudades, esta actividad podría incrementarse, por supuesto con los límites que imponen las características propias del medio natural.

En el resto del entorno, Filli Dei Sur ubicada al Norte de Cutral Có y Monte Hermoso al Sur, son dos zonas destinadas a chacras en las que se desarrolla una incipiente actividad hortícola, cría de aves y porcinos, ambas limitadas por la falta de agua ya que son alimentadas por pozos y red de distribución del Municipio. La actividad ganadera extensiva sobre pasturas naturales es predominantemente caprina, las condiciones del suelo, clima y vegetación apenas permiten el desarrollo de esta especie, con una carga animal de las más bajas del país, más de 20 has por cada unidad ganadera, acompañada de un bajo nivel tecnológico y escasa población. Esto ha dado lugar a un paisaje rural peculiar que poco se diferencia del paisaje natural, pero a su vez con el riesgo de aumento de la desertización dado que no se desarrolla ningún tipo de control sobre esta rudimentaria explotación.

- **Uso extractivo**

Existen pequeñas canteras de extracción de áridos y material calcáreo, utilizados en la construcción y para mejoramiento de picadas y locaciones en la actividad hidrocarburífera, la cual pese a la declinación sigue siendo preponderante en la zona.

- **Viaro rural**

La red viaria en la zona está constituida por innumerables picadas abiertas para antiguas líneas sísmicas, picadas que conducen a pozos existentes que en algunos casos coinciden con

líneas sísmicas y un entrecruzamiento caótico de huellas de acceso a los numerosos puestos ubicados en el periurbano de ambos municipios.

Calidad ambiental

En el entorno la actividad principal es la hidrocarburífera, estando la explotación de las pequeñas canteras ligada a la misma y a la construcción.

La actividad agrícola se practica a escala familiar, concentrándose en pequeños asentamientos en la zona de chacras de Plaza Huincul, existiendo otros emprendimientos en la zona de Monte Hermoso y Filli Dei Sur pertenecientes al ejido de Cutral Có que por su ubicación relativa al Proyecto no son considerados como receptores de posibles impactos. En el resto de la zona la actividad ganadera se efectúa con bajos niveles de explotación.

La red viaria rural la constituyen el conjunto de picadas abiertas por la actividad petrolera, como por los distintos puestos esparcidos en el periurbano.

Se debe tener en consideración que tanto la actividad ganadera desarrollada sin ningún tipo de control como la hidrocarburífera que antiguamente tampoco era controlada, han creado en el entorno condiciones que influyen en una creciente desertificación, sumándole a esto la posibilidad del arrastre de material en caso de precipitaciones torrenciales de corta duración como son características en la región.

10.19.3. Medio Socioeconómico - Cultural

10.19.3.1. Población

El conjunto formado por las ciudades de Cutral Có y Plaza Huincul, según el censo del año 2.010 (únicos datos oficiales hasta el presente), tiene una población total de 48.637 habitantes. La población total por municipio se detalla en la siguiente tabla.

Año 2010		
MUNICIPIO	POBLACIÓN	PORCENTAJE %
Cutral Có	36.162	6,57
Plaza Huincul	13.532	2,46
Total entre las dos ciudades	49.694	9,03
Total provincia de Neuquén	550.344	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (Argentina) (INDEC)

○ **Dinámica poblacional**

El crecimiento poblacional de las dos ciudades ha tenido su máximo en la década 70-80 coincidente con la máxima actividad hidrocarburífera de la zona, disminuyendo a partir de la década 80-90 con valores menores a la media provincial, para llegar a un valor casi nulo en la década 90-00.

Esto nos estaría mostrando un proceso de emigración de pobladores de las dos ciudades que indudablemente reflejaría la situación que atraviesan desde la privatización de YPF y el traslado del centro productivo de hidrocarburos de la provincia hacia la zona de Rincón de los Sauces.

También los flujos inmigratorios han sido bajos a partir del año 1.991, con porcentajes inferiores a la media de la provincia.

Municipios	Número de habitantes			Tasa de crecimiento anual	
	1970	1980	1991	70/80	80/91
Cutral Có	19.106	26.165	33.951	3,19%	2,40%
Plaza Huincul	4.633	8.158	11.433	5,82%	3,12%
Cutral Có + Plaza Huincul	23.739	34.323	45.384	3,76%	2,57%
Total provincial	154.143	213.263	388.833	3,30%	5,61%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Censo Nacional de Población y Vivienda, 1991 y estimaciones de la Dirección Provincial de Estadísticas, Censos y Documentación de la Provincia de Neuquén.

Población total según sexo por municipio año 1.991

Municipios	Número de habitantes			Tasa de crecimiento anual	
	1970	1980	1991	70/80	80/91
Cutral Có	19.106	26.165	33.951	3,19%	2,40%
Plaza Huincul	4.633	8.158	11.433	5,82%	3,12%
Cutral Có + Plaza Huincul	23.739	34.323	45.384	3,76%	2,57%
Total provincial	154.143	213.263	388.833	3,30%	5,61%

Población total según lugar de nacimiento por municipio año 1.991

Municipios	Número de habitantes			Tasa de crecimiento anual	
	1970	1980	1991	70/80	80/91
Cutral Có	19.106	26.165	33.951	3,19%	2,40%
Plaza Huincul	4.633	8.158	11.433	5,82%	3,12%
Cutral Có + Plaza Huincul	23.739	34.323	45.384	3,76%	2,57%
Total provincial	154.143	213.263	388.833	3,30%	5,61%

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 1991.

○ **Estructura poblacional**

En lo que respecta al sexo de la población, el índice de masculinidad revela predominio de mujeres, en proporción hay un poco más de varones en Cutral Có, de todas formas es una variación muy leve.

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 1991.

En el caso del conjunto que nos ocupa, no es fácil intentar una explicación satisfactoria a las diferencias por el lado de variables demográficas, especialmente considerando la similitud de ambas poblaciones. Lo que queda claro es que la población de mayor edad es escasa y que el grupo en edad activa es muy numeroso, tal como se puede ver en el cuadro.

○ **Estructura de ocupación**

Los datos que se detallan a continuación corresponden a valores de la población potencialmente activa correspondientes a datos de 1.991. No se poseen datos válidos sobre el índice de desocupación. En el caso de estas dos comunidades se considera más importante razonar sobre los niveles de desempleo, que a partir de la privatización de YPF fundamentalmente, se produjo en ellas.

Población potencialmente activa y coeficiente de dependencia potencial

Municipio	Total	Población entre 0 y 14 años(1)	% sobre el total	Población entre 15 y 64 años (2)	% sobre el total	Población de 65 años y más (3)	% sobre el total	Coeficiente de dependencia potencial 1 (4)
Cutral C6	33.951	12.421	36,59	19.963	58,80	1.567	4,62	70,07
Plaza Huincol	11.433	4.413	38,60	6.648	58,15	372	3,25	71,98

$$(4) = [(1+3)/(2)] \times 100$$

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 1991.

La privatización y reconversión de YPF impactó provocando un nivel de desempleo muy elevado, una fracción importante se originó como consecuencia de una caída de la demanda de mano de obra (especialmente en ocupaciones de baja calificación) al reducirse el nivel de ingresos en la región.

La población desocupada de referencia son 4.353 personas (Plan Director de Empleo Cutral C6 y Plaza Huincol, Universidad Nacional de Quilmes), constituyendo aproximadamente el 21% de la población económicamente activa, este valor resulta de la suma de las personas atendidas por diferentes subsidios, nacionales y provincial.

o **Características de la población desocupada**

Estos datos corresponden a la encuesta efectuada por la Universidad Nacional de Quilmes entre los desocupados de Cutral C6, para ello se consideraron los siguientes puntos:

Escolarización: de los datos obtenidos detallados en la tabla que se desarrolla a continuación, comparados con la media Nacional y de la provincia del Neuquén, se tiene un 6,8% más de miembros con primaria incompleta con respecto a Neuquén y un 8,4 con respecto a Nación, un 5,4 % y 9,5% respectivamente de miembros con secundaria incompleta y un 18% menos de componentes con formación secundaria completa o superior. Se trata de un sesgo muy fuerte, que muestra la fragilidad de la condición del conjunto para insertarse en el mercado laboral.

	% Desocupados	Total de Neuquén	Total del País
No concurre a la escuela	8,33		
1° a 3° grado primario	13,02		
4° a 5° grado primario	11,04		
Subtotal primaria incompleta	30,39	24,1	22,0
Primaria completa	36,04	31,7	38,1
Secundaria incompleta	24,16	18,8	14,7
Secundaria completa	3,85	14,1	14,1
Terciario o Universitario (completo o incompleto)	3,54	10,9	10,6

Antecedentes laborales: de esto se desprende que el 72% de los encuestados manifiesta no haber trabajado nunca.

	% Desocupados
Trabajo en YPF	8,02
Trabajo en empresas de servicios	12,08
Trabajo en empresas de producción de bienes	3,23
Trabajo en micro-emprendimientos	4,69
Total con antecedentes laborales	28,00

Distribución por edad y sexo: se evidencia una proporción mucho mayor de mujeres sobre la media nacional, así como el fuerte corrimiento de edades hacia un promedio de mayor edad.

	Mujeres %	Varones %	Total %	Media población desocupada Nacional		
				Mujeres	Varones	Total
				%	%	%
Mayores de 50 años	8,7	6,8	15,5	3,2	9,2	12,4
Entre 40 y 49 años	8,9	10,50	19,4	5,4	9,3	14,7
Entre 30 y 39 años	11	14,2	25,2	7,7	8,3	16

	Mujeres	Varones	Total	Media población desocupada Nacional		
	%	%	%	Mujeres %	Varones %	Total %
Entre 18 y 29 años	17,7	19,2	36,9			
Entre 15 y 29 años				24,5	32,4	32,4
No contestan la edad	2,4	0,5	2,9			
Total	48,8	51,2	100	40,8	59,2	100

Estructura familiar: como se ve, más de un 60% de la población desocupada tiene sobre sí la responsabilidad de sostener una familia y un 53% de ese grupo son mujeres.

Población	%
Mujeres jefes de familia	32,5
Hombres jefe de familia	28,1
Hijos, hermanos, otros parientes	17,2
Hombres cónyuges	12,7
Mujeres cónyuges	3,8
No contesta	5,6

○ **Características socioculturales**

El conjunto urbano se encuentra a una distancia aproximada de 70 Km de la ciudad más próxima, dándole características diferentes que a Neuquén Capital con su zona de influencia (Plottier, Centenario, Senillosa) y que Zapala, centro de servicios para varias localidades del área cordillerana. En nuestro caso ambas ciudades tienen un área de influencia prácticamente deshabitada y basan sus interrelaciones sociales y culturales en sus propias zonas urbanas.

En cuanto a las características culturales y de las interacciones sociales de la población de las dos ciudades, aparece como una de las realidades más presentes en el área, la escasa influencia en la misma de los límites políticos entre ambos municipios. La excepción la estarían dando los Barrios Campamento Uno y Central los cuales pertenecían a los asentamientos de YPF y que todavía siguen conservando algunas de las características de diferenciación social y urbana.

○ **Salud y seguridad**

Como se aprecia es bajo el porcentaje de enfermedades epidemiológicas en la comarca, llegando al 12% del total de población en Cutral C6, siendo m6s bajo en Plaza Huincul, el 7%.

La cobertura de salud en ambas ciudades es buena, superando en ambos casos el 60% valor de la media provincial, Plaza Huincul es el segundo municipio de la provincia con el 80%. En la actualidad estos valores seguramente se deber6n modificar debido a la crisis por la que atraviesa el PAMI y al aumento de la desocupaci6n, lo que conlleva la p6rdida de la cobertura m6dica.

Poblaci6n de 3 a6os y m6s con asistencia escolar seg6n nivel, por municipio. A6o 1.991

Municipio	Total	%	Jard6n	Primario	Secundario	Terciario	Universitario	Ignorado
Total provincial	124,7	100	10,4	59,4	24,6	2,1	3,4	0,04
Total resto de la provincia	6,1	100	6,1	86,1	7,1	0,3	0,4	0,1
Cutral C6	11	100	11,6	60,3	24,8	2,1	1,1	0,1
Plaza Huincul	4,1	100	10,5	56	29,9	1,7	1,7	0,05

Principales enfermedades epidemiol6gicas notificadas por municipio. A6o 1.997

Municipio	Total	Hidatidos	Tuberculosis	Hepatitis A	Neum6n	Parotiditis	Influenza (gripe)	Diarreas Agudas
Cutral C6	4.162	4	7	5	181	65	2.374	1.526
Plaza Huincul	785	1	1	3	37	16	223	504

Fuente: Programa de Informaci6n Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional de Poblaci6n y Vivienda 1991.

En cuanto a la seguridad Cutral C6 y Plaza Huincul en relaci6n a su poblaci6n tienen porcentajes similares de delitos registrados, el 4,1 y 4,3 % respectivamente, lo que sigue demostrando la uniformidad de comportamiento del conglomerado.

Delitos registrados según tipo por municipio. Año 1.997

Municipio	Delitos					
	Total	Contra las personas	Contra la Honestidad	Contra la Propiedad	Contra la libertad	Otros
Cutral Có	1.383	174	5	996	171	37
Plaza Huincul	492	56	1	356	69	10

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC en base a Dirección Provincial de Estadística, Censos y Documentación (1998), Información Básica de la Provincia del Neuquén 1996-1997

○ **Densidad de población**

Cutral Có posee el segundo valor de densidad de población de los municipios, siendo la de Plaza Huincul un tercio aproximadamente de Cutral Có.

Se puede observar la baja densidad poblacional fuera de los ejidos urbanos, llegando al 7,5% de la densidad provincial, la cual ya es baja.

DENSIDAD DE POBLACIÓN POR MUNICIPIO					
Municipio	Población	%	Superficie (km ²)	%	Densidad (habitantes/km ²)
Total provincial	388.833		94.078		4,1
Total resto de la provincia	27.902		91.088		0,3
Total municipal	360.931		2.990		120,7
Cutral Có	33.951	9,4	81	2,7	421,4
Plaza Huincul	11.433	3,2	80	2,7	142,9

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 1991.

Calidad ambiental

En el conglomerado urbano de Cutral Có - Plaza Huincul reside el 9,03 % del total de población existente en la provincia, el crecimiento poblacional de las dos ciudades a partir de la década 80-90 a tenidos valores menores a la media provincial, para llegar a un valor casi nulo en la década 90-00, según los datos extraoficiales del censo. Esto nos estaría mostrando un proceso de emigración de pobladores de las dos ciudades que indudablemente estaría

reflejando la situación que atraviesan desde la privatización de YPF y el traslado del centro productivo de hidrocarburos de la provincia hacia la zona de Rincón de los Sauces.

La población de mayor edad es escasa, el grupo en edad activa es muy numeroso afrontando graves problemas de desempleo. Al considerar el grupo de desocupados se debe prestar una atención muy especial al escaso nivel de escolarización de los mismos que nos muestra la fragilidad de la condición del conjunto para insertarse en el mercado laboral.

Las dos comunidades funcionan en sus interrelaciones como un enclave, formando un todo ajeno a las divisiones políticas de los Municipios. El nivel educativo independientemente del análisis del conjunto de desocupados ya comentado, está en relación con el resto de la provincia.

Las condiciones sanitarias de la población son aceptables en cuanto no se registran epidemias.

En relación a la seguridad Cutral Có y Plaza Huincul poseen índices semejantes.

El Proyecto es aceptado desde el punto de vista de los índices de desocupación en la zona, pero con reticencia por ser propiciado por empresarios que no son locales.

La concentración de población es muy importante en los municipios especialmente en Cutral Có, pero extremadamente baja en el entorno.

○ **Economía**

La población con algún tipo de necesidades básicas insatisfechas es aproximadamente el doble en el Municipio de Cutral Có que el de Plaza Huincul, alcanzando al 15% de la población, lo que representa unas 5.100 personas.

Población con algún tipo de nbi. Año 1.991

Municipio	Población total en viviendas particulares ocupadas	Población con algún tipo de NBI (%)
Cutral Có	33.789	15,7
Plaza Huincul	11.341	7,7

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 1991.

En el caso de las unidades económicas se puede ver claramente la cantidad de comercios minoristas y la escasa proporción de industrias, correspondientes al año 1.997.

Unidades económicas según rama de actividad por municipio. Año 1.997

Municipio	Industrias	Comercio		Bancos	Hoteles	Restaurantes	Estaciones de servicio
		Mayorista	Minorista				
Total municipal	84	26	656	4	8	47	5
Cutral Có	55	17	526	3	6	38	4
Plaza Huincul	29	9	130	1	2	9	1

Nota: Información actualizada a diciembre de 1997.

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC en base a Dirección Provincial de Estadística, Censos y Documentación (1998), Información Básica de la Provincia del Neuquén 1996-1997.

A continuación se detalla el Valor Agregado Bruto generado por la industria manufacturera, comercio y servicios que a los efectos económicos nos representa la verdadera riqueza generada por las unidades productivas de un lugar determinado.

Valor agregado bruto por municipio - industria manufacturera año 1.993 (en miles de pesos)

Municipio	Total	%	Remuneración al trabajo	Impuestos amortizaciones e intereses	Excedente empresarial
Total provincial	116.960	100	47,3	7,6	45
Total resto de la provincia	4.053	100	26,5	12,3	61,3
Total municipal	112.907	100	48,1	7,4	44,5
Cutral Có	4.029	100	59,5	5,8	34,7
Plaza Huincul	18.868	100	31,2	2,8	66

Nota: Las cifras referidas a Plaza Huincul contenidas en el cuadro difieren con las obtenidas en la Encuesta Nacional a Grandes Empresas la cual es relevada por el INDEC en forma anual.

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional Económico 1.994.

Valor agregado bruto por municipio - comercio año 1.993 (en miles de pesos)

Municipio	Total	%	Remuneración al trabajo	Impuestos Amortizaciones e intereses	Excedente empresarial
Total provincial	207.451	100	32,6	15,6	51,8
Total resto de la provincia	671	100	4,5	11,4	84,1
Total municipal	206.780	100	32,7	15,6	51,7
Cutral Có	17.390	100	23,5	19,9	56,5
Plaza Huincul	1.738	100	19,9	12,9	67,2

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional Económico 1.994

Valor agregado bruto por municipio – servicios año 1.993 (en miles de pesos)

Municipio	Total	%	Remuneración al trabajo	Impuestos Amortizaciones e intereses	Excedente empresarial
Total provincial	160.976	100	41,1	7,1	51,9
Total resto de la provincia	7.336	100	80,8	5,2	14
Total municipal	153.639	100	39,2	7,1	53,7
Cutral Có	7.069	100	26,2	7,6	66,3
Plaza Huincul	11.070	100	33,9	6,6	59,4

Fuente: Programa de Información Estadística y Apoyo a los Municipios (PRINEM) del INDEC, en base a datos del Censo Nacional Económico 1994.

El Valor Agregado Bruto de estas tres actividades del Municipio de Cutral Có asciende a M\$28.488 y el de Plaza Huincul a M\$ 31.676, lo que significa un 11% mayor para una población que es el 34% de la de Cutral Có.

El total para el conjunto asciende a M\$ 60.164, lo que significa un Valor Agregado Bruto por habitante de \$ 1.326, bastante inferior a la media del país.

○ **Valor del suelo rústico**

Tanto el Municipio de Cutral Có como el de Plaza Huincul dentro de sus ejidos poseen tierras de propiedad particular, Municipal, Provincial y Nacional; en el caso de la tierra Municipal son las Direcciones de Tierras y Catastro quienes las entregan en venta en condiciones y valores establecidos por Ordenanzas. Los valores de tierra sin ningún tipo de mejoras son los siguientes:

Ubicación	Valor de la tierra (\$/m2)	
	Cutral Có	Plaza Huincul
Urbana	1,76 a 4,31 (1)	1,3
Parque Industrial Municipal	0,6	0,6
Zona de chacras		0,1

(1) Varía según la zona de ubicación del terreno

En cuanto al Parque Industrial Químico y Petroquímico, fue creado mediante la Ley Provincial 1.604 reglamentada mediante Decreto 4.257, en el cual se delimita el mismo a la superficie de terreno cuyas nomenclaturas catastrales son las siguientes:

FRACCIÓN	NOMENCLATURA CATASTRAL			
	Departamento	Circunscripción	Sección	Parcela
A	09	RR	16	4.329
B	09	RR	16	4.330
C	09	RR	16	4.429

La valuación fiscal es de: 0,015 \$ / m2

Calidad ambiental

Es evidente la repercusión económica que ha tenido en las dos localidades la privatización de YPF, generando una caída importante en su nivel de ingresos. El 23% de la población tiene

alguna de las necesidades básicas insatisfechas, superando en un 4% a la media de los municipios provinciales.

Esto demuestra una fuerte dependencia de la actividad petrolera que se está tratando de revertir a través de la creación del Ente Autárquico Intermunicipal Cutral Có - Plaza Huincul, (Ley 2.206 y Ordenanzas 790/67 de Plaza Huincul y 1.659/97 de Cutral Có), cuyo objetivo principal es el desarrollo y concreción de proyectos de actividades productivas públicas y privadas en ambos Municipios.

Los valores de la tierra están, en el caso de la zona del Proyecto, fijados por la provincia.

NOTA: para el estudio del Medio Socioeconómico – Cultural se tomaron datos no actualizados de un trabajo de E.I.A proporcionado por la cátedra.

10.19.3.2. Infraestructura y Núcleos

Infraestructura y servicios

○ **Infraestructura viaria**

El sistema urbano de las localidades y el Parque Industrial Químico y Petroquímico se encuentran sobre el eje este-oeste de la ruta nacional n° 22 y del ferrocarril, a 100 Km al oeste de Neuquén y a 70 Km al este de Zapala.

Perpendicular a este eje corta la ruta provincial n° 17, atravesando Plaza Huincul en el eje norte-sur, comunicando a las localidades al noreste con Añelo y San Patricio del Chañar, al sur con Picún Leufú y con la ruta nacional n°237.

El Pavimento cubre más del 50% de ambas localidades. Se debe destacar que al atravesar ambos núcleos las rutas nacional y provincial y el ferrocarril, hay gran cantidad de cruces con la red urbana que son fuente constante de riesgo de accidentes.

El periurbano se encuentra surcado por numerosos caminos, muchos de ellos son antiguas picadas sísmicas, que conducen a distintos puestos esparcidos por el mismo.

○ **Infraestructura no viaria**

- **Provisión de agua**

Debemos diferenciar dos zonas del asentamiento en el que los sistemas de provisión de agua han caracterizado su consolidación, teniendo en cuenta que este se convierte en un recurso escaso.

Los barrios Campamento Central y Campamento Uno (Plaza Huincul), se alimentan de un acueducto desde el río Neuquén de propiedad de YPF, quien ha traspasado a la Cooperativa de Energía Eléctrica y Telefonía de Cutral Có (COPELCO) el servicio de traslado, efectuando la distribución la comuna de Plaza Huincul. La provisión es de aproximadamente 10.000 m³/día, lo que permite también abastecer a la Refinería de YPF.

El resto de ambas localidades se abastece de dos acueductos paralelos que maneja el Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS), desde el río Neuquén, cuya toma de agua se encuentra a 36 Km de Cutral Có y a 600 m aguas arriba de la toma del acueducto de YPF. La capacidad de transporte es en total 2.200 m³/hora.

El caudal suministrado está previsto para satisfacer la demanda del Parque Industrial Químico y Petroquímico con un caudal por el momento de 100 m³/hora y la Planta de Metanol con 300 m³/hora.

La distribución es efectuada por los Municipios. La población servida es del 100% en ambos casos. Las zonas de chacras de Cutral Có son abastecidas por un sistema de pozos y una red de distribución. En el caso de Plaza Huincul, las chacras cuentan con pozos individuales con profundidades que oscilan desde los 18 m a los 50 m.

En los meses estivales el caudal suministrado por el acueducto del EPAS no alcanza a los fines de cubrir las necesidades de la población y de riego que se realiza en los espacios verdes de las ciudades, efectuándose cortes diarios por zonas.

- **Desagües cloacales**

Cutral Có y parte de Plaza Huincul cuentan con un sistema de red cloacal única con una planta depuradora ubicada en la zona de chacras de Plaza Huincul. En Cutral Có se encuentran conectadas al servicio aproximadamente el 95% de las viviendas, siendo en Plaza Huincul del orden del 80%.

El Barrio Campamento Central y Campamento Uno cuenta con red de desagües cloacales y con el 100% de los domicilios conectados. La red colectora desagua directamente en el zanjón.

De la boca de desagüe en adelante, que se ubica a unos 150 m del puente de la ruta provincial n° 17 hacia el este, el zanjón se convierte en un curso de agua permanente, dado que también se vierten los líquidos de la planta depuradora del EPAS, aproximadamente 800

m³/h. Ambos vertidos son aprovechados por las chacras de Plaza Huincul para riego, tomando de este caudal por acequias de gravedad y en turnos diarios. Se riega un área de cultivo y forestación de aproximadamente 60 ha.

- **Desagües industriales**

Tanto en la zona destinada a los Parques Industriales Municipales como el Químico y Petroquímico, no poseen un sistema que permita tratar los efluentes líquidos de los mismos. Se observa en la zona del Parque Industrial de Plaza Huincul (paralela a la ruta 22) que se realizan vertidos en forma directa al zanjón.

En el caso de la Refinería de YPF en Plaza Huincul, la misma posee su propia planta en la que trata y recicla sus efluentes, el agua tratada es eliminada a través del riego en plantaciones de la destilería. Se ha observado en momentos de lluvias intensas el desborde de esta pileta con el consabido riesgo. Para la planta de Metanol se prevé idéntico sistema.

- **Sistema de desagües superficiales**

El hecho de estar asentadas ambas localidades a la vera de un curso aluvional, caracteriza a este asentamiento de manera particular dado el peligro de acontecimientos catastróficos.

En el año 1978 se comenzó a realizar la obra de rectificación del cauce del zanjón. El estudio hidrológico se realizó sobre una cuenca de 100 Km².

El zanjón rectificado tiene un lecho de 25 m., dos taludes laterales de suelo cemento en pendiente 1:3,25 con una boca de 50 m de ancho y 4 m de altura y una capacidad máxima de evacuación de 900 m³/s. Lo cruzan hoy cinco puentes dos en Cutral Có y tres en Plaza Huincul, en Cutral-Có en la calle Roca y Eguinoa, en Plaza Huincul paralelo al límite de ambos Municipios, en la calle Cutral-Có y en la ruta 17. En el caso de los puentes de la calle Roca y ruta 17, ambos son inadecuados por su reducida embocadura y podrían actuar frente a un aluvión como compuertas de la correntada con peligro para el área urbana adyacente.

Si bien se han realizado bocas de tormenta en los bordes del zanjón, no existe un proyecto integral en ambas localidades que contemple la solución de desagües pluviales.

En Cutral-Có una amplia superficie de la ciudad escurre sus aguas por la calle Salta convirtiendo a la misma en un verdadero canal colector, con los inconvenientes que esto trae aparejado. Dicho caudal desagua a un canal colector de desagües pluviales, denominado "Zanjón Chico", que corre paralelo a la ruta 22 y cuyas aguas desaguan finalmente al "Zanjón Grande", el resto desagua a través de la avenida C. H. Rodríguez-Olascoaga.

Esto trae aparejado inconvenientes con el depósito de gran cantidad de lodo en las calles y los problemas que surgen por la acumulación de importantes cantidades de agua,

especialmente en la calle Salta, donde debido a la pendiente de la ciudad (oeste-este) se producen anegamientos de viviendas.

- **Energía eléctrica, alumbrado público y telefonía**

El asentamiento urbano se halla alimentado por una línea de 133 Kw que procede del Chocón, hasta una central de transformación perteneciente al Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN) en Cutral-Có. En el caso del Parque Industrial donde se ubica el Proyecto, es abastecido en forma directa por el EPEN.

La prestación del servicio domiciliario y de alumbrado público en ambas ciudades está a cargo de la Cooperativa de Electricidad y Telefonía (COPELCO), estando el 100% atendido. Contando esta Cooperativa con el primer aerogenerador en funcionamiento en la provincia.

En cuanto al servicio telefónico, tanto en la zona urbana y en todos los Parque Industriales, lo presta COPELCO, con un total aproximado de 9.000 líneas, al cual se le ha agregado los servicios de telefonía celular prestada por Movistar, Claro y Personal.

- **Distribución de gas**

La población de Plaza Huincul recibe gas de la distribución de una empresa constituida por el Municipio, Tecnogas Patagónico S.A., debido al traspaso de las redes por parte de la ex-petrolera estatal. Está servida el 100% del área urbana con un total de 3.732 conexiones.

La distribución en Cutral-Có y en el Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral C6 y Plaza Huincul, la realiza Distribuidora Camuzzi Gas del Sur S.A., encontrándose la zona urbana en un 98% servida. Posee además una troncal especial que suministra gas a través de la red de Cutral-Có, para algunos conjuntos habitacionales de Plaza Huincul.

El Parque Industrial está atravesado de Este a Oeste por 5 oleoductos y 1 gasoducto en el límite Norte del mismo. Frente al acceso de la planta Petrolera Argentina se encuentra una pequeña planta reductora de TGS, de donde parte la distribución de suministro de gas a las industrias radicadas.

- **Recolección de residuos**

En las dos comunidades, se realiza la recolección de residuos todos los días hábiles en toda la ciudad, por medio de camiones compactadores. Una parte de los residuos domiciliarios, aproximadamente 6 Tn diarias, y patológicos de Cutral C6 son tratados a través de una planta de tratamiento ubicada al sureste de Cutral C6, el resto conjuntamente con los de Plaza

Huincul se depositan en un vertedero a cielo abierto al sur de Plaza Huincul sobre la ruta 17. La recolección diaria se estima en unas 12Tn en plaza Huincul y 20 a 25 Tn en Cutral C6.

En el caso del Parque Industrial el servicio lo presta el municipio de Plaza Huincul y el retiro de residuos se efectúa por solicitud de los establecimientos ubicados en él.

Pese a la recolección diaria que se efectúa en ambos Municipios, se observa una gran cantidad de carritos que recogen las bolsas de residuos, a los efectos de sacar los elementos de provecho ya sea para su venta o para alimento de los animales domésticos, con los peligros que esto trae aparejado. Los restos no utilizados son generalmente arrojados en las afueras de las ciudades convirtiendo a sus alrededores en un gran basural, problema que se agrava, ya que especialmente en Cutral-C6 gran cantidad de vecinos arrojan escombros y basura en todo espacio urbano y periurbano que ven libre.

- **Equipamiento y servicios**

- **Equipamiento deportivo, de esparcimiento y recreo**

Cutral-C6 cuenta con nueve plazas, un parque urbano con pileta de natación municipal, parques y recreos en el aeropuerto y sobre la ruta nacional 22, en su lado norte desde el límite con Plaza Huincul hasta el cruce de la calle Avenida del trabajo con el ferrocarril. Lo que hace una superficie aproximada de 90 ha, teniendo una relación por habitante de 2,70 m²/hab. Plaza Huincul cuenta con dos plazas, espacios forestados sobre ruta 22, con dos parques urbanos: uno sobre ruta 22 y el otro sobre la margen derecha del zanj6n. Lo que hace una superficie de 20 ha, teniendo una relación por habitante de 2,2 m²/hab considerando solamente la ciudad "hist6rica" sin el agregado de los asentamientos que pertenecían a YPF.

En cuanto a los Barrios Campamento Central y Campamento Uno cuentan tambi6n, con dos plazas y un amplio parque.

A todo esto se le debe agregar zonas de chacras en ambos Municipios, estando la de Plaza Huincul, por una disponibilidad mayor de agua como ya se ha expresado en puntos anteriores, m6s desarrollada y en la cual se pueden encontrar zonas dedicadas al esparcimiento.

- **Equipamiento turístico**

Plaza Huincul cuenta con un Museo Paleontol6gico en el cual se exponen piezas del dinosaurio herbívoro m6s grande encontrado hasta la fecha. Este museo es frecuentado por gran cantidad de personas de las localidades y de paso, que en viaje por las rutas nacional 22 o

provincial 17 se detienen, dado que se encuentra emplazado en la intersección de ambas. Además ha recibido la visita de delegaciones científicas extranjeras.

- **Transporte público**

Existe una empresa que presta servicio interurbano del transporte público de pasajeros, y esta es El Petróleo S.A. con dos recorridos. Teniendo en cuenta las características del conglomerado se ha tomado el servicio de transporte de pasajeros como una unidad de tratamiento. De acuerdo a lo previsto por la Ley Provincial 2027 en su artículo 3° y las Ordenanzas Municipales 1.256/92 de Cutral-Có y 304/92 de Plaza Huinul.

Con respecto al transporte de pasajeros de mediana y larga distancia, Cutral-Có cuenta con una terminal de ómnibus, en la cual hay 10 empresas que ofrecen servicios a diversos puntos del país (Neuquén, Bahía Blanca, Buenos Aires La Plata, Córdoba, Mendoza, diversas localidades de la provincia y el valle, etc.).

Al Parque Industrial Químico y Petroquímico no llega ningún servicio de transporte, el traslado del personal que trabaja en las empresas instaladas en él, se efectúa por medio de servicios contratados a tales efectos.

- **Matadero municipal**

Se realiza en el mismo la faena de bovinos, ovinos y caprinos para consumo del conglomerado. El funcionamiento del mismo está a cargo del Municipio de Cutral-Có.

El crecimiento de la ciudad de Cutral-Có hacia el suroeste ha traído como consecuencia que el matadero ha quedado próximo a la misma, con los problemas que ocasiona por olores y moscas.

Sus desagües son controlados por un sistema de rejillas y cámaras decantadoras y posteriormente son vertidos a la red cloacal.

- **Equipamiento comercial**

Municipio	Comercios	Bancos	Hoteles Pensiones (1)	Restaurantes (2)	Estaciones de Servicio
Cutral Có	551	3	5	41	3
Plaza Huinul	201	1	2	12	1

(1) Incluye campamentos servicios de restaurantes que se presentan en combinación con los de hospedaje

(2) Incluye pizzerías, heladerías, confiterías, kioscos de panchos y bebidas, comidas preparadas para llevar y servicio de provisión de comidas para empresas.

Fuente: Dirección Provincial de Estadística, Censo y Documentación. Registro Provincial de Unidades Económicas.

- Equipamiento educativo

MUNICIPIO	NIVEL					
	Inicial		Primario	Medio	Superior No Universitario	Superior Universitario
	Oficial	Privado				
Cutral Có	11	1	15	5	2	-
Plaza Huincul	6	-	6	2	-	1

Fuente: Dirección Provincial de Estadística, Censo y Documentación.

- Equipamiento sanitario y asistencial

Municipio	Hospitales Públicos	Establecimientos Privados	Centros de Salud y Puestos Sanitarios
Cutral Có	1	2	8
Plaza Huincul	1	1	2

Calidad ambiental

Al atravesar las rutas tanto nacional como provincial y el ferrocarril ambos núcleos poblacionales hay gran cantidad de cruces con la red urbana que son fuente constante de riesgo de accidentes.

Al Zanjón se vierten sin tratar los líquidos cloacales de los barrios Campamento Central, Campamento Uno y los provenientes de la planta de tratamiento del EPAS.

En lo que respecta a los vertidos industriales, se observa en la zona de Parque Industrial de Plaza Huincul (paralelo a la ruta 22) que se realizan vertidos al zanjón. Es para considerar los problemas originados por rebalses de la pileta API de la Refinería de YPF, que también son transportados por cañería hacia el zanjón.

El zanjón rectificado tiene en el caso de los puentes de la calle Roca y ruta 17, la dificultad que ambos son inadecuados por su reducida embocadura y podrían actuar frente a un aluvión como compuertas de la correntada con peligro para el área urbana adyacente.

En Cutral C6 una amplia superficie de la ciudad escurre sus aguas por la calle Salta convirtiéndola a la misma en un verdadero canal colector, esto trae aparejado inconvenientes con el depósito de gran cantidad de lodo en las calles y los problemas que surgen por la acumulación de importantes cantidades de agua que debido a la pendiente de las ciudades (oeste-este), producen anegamiento en viviendas.

El aeropuerto tiene la cabecera de la pista 250°/070, que se encuentra aproximadamente 700 m de las últimas viviendas con los inconvenientes que esto trae aparejado.

El nivel de equipamiento y servicios ambas comunidades se encuentran con un nivel de prestación bueno. El único problema ambiental, en este caso, lo provoca la cercanía del matadero Municipal con la zona urbana en Cutral C6.

En el caso del parque industrial en donde se asentará el Proyecto, está provisto de los servicios de agua, gas, energía y telefonía.

Con la provisión de agua se puede advertir que en los meses de verano en caso de aumentar el consumo, se pueden presentar conflictos con el abastecimiento a los núcleos urbanos, dado que actualmente en estos meses se hace necesario racionalizar su uso produciendo cortes en el suministro.

- **Estructura espacial de núcleos**

- **Estructura horizontal de núcleos**

La implantación urbana del entorno de estudio se desarrolla en una forma relativamente lineal, acompañando el eje de la ruta nacional 22 y el ferrocarril. Hacia el oeste el aeropuerto actúa como límite al crecimiento.

Como se expuso anteriormente la modalidad de la localización residencial ha sido la de desarrollarse concentrándose en el inicio, en lo que se denomina el área central de Cutral C6 y Plaza Huincul, a lo largo de la ruta 22. Paulatinamente las áreas urbanas van configurando una continuidad, separadas solo por el denominado "Zanjón Chico" perpendicular al "Zanjón Grande".

Las políticas de otorgamiento de tierras implementadas por la Municipalidad de Cutral C6 y la invasión de tierras por parte de intrusos, han ido generando la expansión oeste en función de las limitaciones impuestas por el aeropuerto y, paralelamente, se fueron produciendo las expansiones al sur del zanjón en coincidencia con el puente de la calle Roca y hacia el este desbordando el octógono fiscal y la ruta 22.

- **Interacciones entre núcleos**

La modalidad de implantación urbana está fuertemente condicionada por la estructura circulatoria, donde la ruta 22 actúa como elemento vinculante de las áreas del Parque Industrial de Cutral C6 con el de Plaza Huincul, la zona de Refinería, Planta de Metanol y Parque Industrial Químico y Petroquímico.

El sector comercial de Cutral C6 se concentra en su zona central, el de Plaza Huincul sobre la ruta 22. Al ser mucho mayor el equipamiento comercial y bancario en Cutral C6, se genera un flujo diario comercial hacia esta localidad.

o **Estructura urbana**

- **Morfología**

En la trama urbana no hay un espacio definido y exclusivo de viviendas de nivel alto, estas que por cierto son bastante escasas están en una amplia zona al norte del zanj6n y al este de la calle Roca en Cutral C6 y en el Barrio Campamento Uno de Plaza Huincul.

Las viviendas de nivel medio-alto y medio se extienden al norte del zanj6n en ambas localidades y al este de la calle Roca en Cutral C6, predominando al sur y al oeste las de nivel medio-bajo y, gradualmente empiezan a predominar las viviendas de nivel bajo.

Calidad ambiental

En el conglomerado hay un predominio de viviendas de nivel medio, siendo absolutamente escasas las de nivel alto.

10.20. Identificación de impactos y efectos ambientales

A los fines de identificar, valorar, prevenir y corregir los impactos ambientales del Proyecto objeto del presente estudio, la metodología aplicada es la construcción de una matriz causa-efecto tomando los árboles de acciones y factores, identificando a través de la misma los impactos más significativos y calculando el valor de los impactos dado por la importancia y magnitud.

10.20.1. Árboles de acciones y factores

En este punto se analizan las acciones que por la ejecución del Proyecto van actuar sobre el medio.

ÁRBOL DE ACCIONES			
	FASE	ELEMENTO	ACCIONES
PROYECTO	PROYECTO		
	Construcción	Movimiento de suelos	Desmante, relleno, compactación y nivelación
			Acopio de material
			Operación de equipos
			Tránsito de vehículos pesados
			Emisión de ruidos y vibraciones
			Emisión de polvo y gases
		Obrador	Instalación de tráiler
			Generación de vertidos cloacales
			Generación de residuos sólidos
		Obra civil y montaje	Excavaciones
			Operación de maquinarias y equipos
			Tránsito de maquinarias y vehículos
			Emisión de ruidos y vibraciones
			Ejecución de canaletas colectoras y recinto de tanques
			Tendido de ductos
			Tapado de ductos
			Ejecución de bases
			Instalación de todos los equipos y líneas de procesos
			Ejecución de galpones para compresores
			Recintos para tanques
			Platea de bombas
			Cámara de drenaje
			Obra eléctrica
			Instalación de compresores
			Instalación de tanques
			Pruebas de hermeticidad
			Instalación de instrumentación y sistemas de control
			Ejecución de galpón para almacenaje de productos
			Ejecución de playa de estacionamiento para camiones
		Construcción de oficinas, laboratorios, talleres, etc.	

FASE	ELEMENTO	ACCIONES
PROYECTO		
Operación	Planta	Movimiento de personal y maquinarias
		Circulación, carga y descarga de camiones
		Vertido de efluentes
		Producción de residuos industriales
		Emisión de ruidos y vibraciones
		Demanda de mano de obra
	Instalaciones Auxiliares	Emisión de gases de antorcha
		Producción de residuos sólidos
Abandono	Planta	Producción de efluentes cloacales
		Desmontaje total de la planta
		Movimiento de maquinarias, vehículos, camiones, etc.
		Reacondicionamiento de terreno
		Generación de residuos de desmantelamiento
		Recolección y transporte de residuos
		Despidos

A continuación se actúa en forma similar con los factores del medio que se consideran pueden ser afectados por las acciones, construyendo el correspondiente árbol de factores y sub factores.

Factores a considerar	FASES			Descripción somera de la afectación
	Construcción	Operación	Abandono	
Aire	X	X	X	-Calidad del aire -Confort sonoro
Suelo	X	X	X	-Desmante de la zona -Riesgo de derrames
Hidrología Superficial	X	X	X	-Riesgo de derrames
Hidrología Subterránea	X	X	X	-Riesgo de filtración a las napas
Flora	X			-Desmante para la construcción
Fauna	X			-Alteración del hábitat autóctono
Paisaje	X	X	X	-Paisaje intrínseco

Factores a considerar	FASES			Descripción somera de la afectación
	Construcción	Operación	Abandono	
Población	X	X	X	-Aceptabilidad del proyecto -Despidos -Interrelaciones sociales
Usos del suelo	X	X	X	-Viario rural
Recursos humanos	X	X	X	-Mano de obra
Economía	X	X	X	-Generación de empleos
Infraestructura	X	X		-Servicios e instalaciones
Equipamientos	X	X	X	-Transporte y comunicaciones

10.20.2. Identificación de impactos

Las acciones del proyecto sobre los factores del entorno pueden ser de dos formas:

- *Acciones operativas:* son aquellas que una actividad, produce por el solo hecho de operar.
- *Acciones de contingencia o accidentales:* son todos los hechos o acciones de origen natural o humano, cuya ocurrencia involucra un riesgo potencial. Se producen como consecuencia de una emergencia, surge un fenómeno inesperado de índole accidental que debe ser controlado a fin de evitar daños.

En la siguiente tabla se representan los impactos operativos y de contingencia que se producen sobre cada factor durante las fases del proyecto:

FASE DE CONSTRUCCIÓN		
IMPACTOS NEGATIVOS		
FACTOR AFECTADO	Nº	IMPACTO OPERATIVO
AIRE	1	Afectación de la calidad de aire por emisión de polvo
SUELO	2	Movimiento de suelos
IMPACTO POR CONTINGENCIA		
SUELO	3	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL/SUBTERRÁNEA	4	efluentes cloacales y/o industriales
SUELO	5	Riesgos de contaminación por posibles incendios

FASE DE OPERACIÓN		
IMPACTOS NEGATIVOS		
FACTOR AFECTADO	N°	IMPACTO OPERATIVO
AIRE	1	Afectación de la calidad de aire por emisión de gases
		IMPACTO POR CONTINGENCIA
SUELO	3	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales
	4	Riesgos de contaminación por posibles incendios
PROCESO	5	Riesgo por falla de tanques
	6	Riesgo de falla de ductos
	7	Riesgo de incendio

FASE DE ABANDONO		
IMPACTOS NEGATIVOS		
FACTOR AFECTADO	N°	IMPACTO OPERATIVO
AIRE	1	Afectación de la calidad de aire por emisión de polvo
SUELO	2	Afectación por residuos de abandono
		IMPACTO POR CONTINGENCIA
SUELO	3	Riesgos de contaminación por residuos de abandono

10.20.2.1. Valoración de impactos

El valor del impacto es la valoración del efecto en términos de salud y bienestar humano, se realizara considerando la importancia del impacto sobre el factor y la calidad y cantidad del factor afectado expresado a través de la magnitud. Solamente se considerarán los impactos negativos, ya que serán estos los que influirán en la viabilidad del proyecto.

10.20.2.2. Cálculo de la importancia

Con la importancia medimos en forma cualitativa la gravedad del impacto que estará dado por la intensidad de la alteración y por la caracterización del efecto a través de una serie de atributos. La expresión adoptada es la correspondiente a la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández – Vítora y adoptada por la Resolución 25/04.

$$\text{Importancia} = \pm [3 \text{ I} + 2 \text{ EX} + \text{ MO} + \text{ PE} + \text{ RV} + \text{ SI} + \text{ AC} + \text{ EF} + \text{ PR} + \text{ MC}] (1)$$

Dónde:

I = Intensidad

EX = Extensión

MO = Momento

PE = Persistencia

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia

AC = Acumulación

EF = Efecto

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad

Criterios de valoración:

- **Intensidad:** es el grado de destrucción o incidencia de la acción sobre el factor que actúa.
- **Extensión:** área de influencia del impacto en relación al entorno.
- **Momento:** es el plazo que transcurre entre la aparición de la acción y el momento en que se manifiesta el efecto que produce.
- **Persistencia:** tiempo que permanecerá el efecto del impacto, contado desde su aparición hasta que el factor recupere sus condiciones iniciales, ya sea por medio naturales o por la aplicación de medidas correctoras.
- **Reversibilidad:** es la posibilidad de reconstrucción parcial o total del factor afectado por las acciones del proyecto por medio de medidas correctoras, después que dejan de actuar.
- **Sinergia:** cuando actúan varios efectos simples sobre un determinado factor y se produce un efecto mayor que la suma de todos los efectos simples.
- **Acumulación:** es el incremento progresivo del efecto cuando actúa en forma continua la acción que lo genera.
- **Efecto:** como se manifiesta el efecto sobre el factor, esto puede ser de forma directa e indirecta.

- **Periodicidad:** se refiere a la forma que se manifiesta la acción. Esta puede ser de forma irregular no respondiendo a ninguna predictibilidad, respondiendo un patrón en el cual la acción se manifiesta cumpliendo pautas temporales regulares, es decir, periódico, o en forma constante o continua.
- **Recuperabilidad:** es la posibilidad de reconstrucción parcial o total del factor afectado por las acciones del proyecto por medio de medidas correctoras, después que dejan de actuar.

10.20.3. Impactos Operativos

Fase de construcción					
Cálculo de Importancia					
			Impactos Operativos		
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2
SIGNO	Beneficioso	(+)		(-)	(-)
	Perjudicial	(-)			
INTENSIDAD	Baja	1	3	2	2
	Media	2			
	Alta	4			
	Muy alta	8			
	Total	12			
EXTENSIÓN	Puntual	1	2	4	2
	Parcial	2			
	Extenso	4			
	Total	8			
	Crítica	(+ 4)			
MOMENTO	Largo plazo	1	1	4	4
	Medio plazo	2			
	Inmediato	4			
	Crítico	(+ 4)			
PERSISTENCIA	Fugaz	1	1	2	4
	Temporal	2			
	Permanente	4			

Fase de construcción					
Cálculo de Importancia					
Impactos Operativos					
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2
REVERSIBILIDAD	Corto plazo	1	1	2	4
	Medio plazo	2			
	Irreversible	4			
SINERGIA	Sin sinergismo	1	1	1	1
	Sinérgico	2			
	Muy sinérgico	4			
ACUMULACIÓN	Simple	1	1	1	1
	Acumulativo	4			
EFECTO	Indirecto	1	1	4	4
	Directo	4			
PERIODICIDAD	Irregular	1	1	2	1
	Periódico	2			
	Continuo	4			
RECUPERABILIDAD	Recuperación inmediata	1	1	1	4
	Recuperable medio plazo	2			
	Mitigable	4			
	Irrecuperable	8			
IMPORTANCIA				31	33

Fase de Operación				
Cálculo de la magnitud				
		Impactos Operativos		
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1
SIGNO	Beneficioso	(+)		(-)
	Perjudicial	(-)		
INTENSIDAD	Baja	1	3	8
	Media	2		
	Alta	4		
	Muy alta	8		
	Total	12		
EXTENSIÓN	Puntual	1	2	4
	Parcial	2		
	Extenso	4		
	Total	8		
	Crítica	(+ 4)		
MOMENTO	Largo plazo	1	1	4
	Medio plazo	2		
	Inmediato	4		
	Crítico	(+ 4)		
PERSISTENCIA	Fugaz	1	1	4
	Temporal	2		
	Permanente	4		
REVERSIBILIDAD	Corto plazo	1	1	4
	Medio plazo	2		
	Irreversible	4		
SINERGIA	Sin sinergismo	1	1	2
	Sinérgico	2		
	Muy sinérgico	4		
ACUMULACIÓN	Simple	1	1	1
	Acumulativo	4		
EFFECTO	Indirecto	1	1	4

	Directo	4		
PERIODICIDAD	Irregular	1	1	4
	Periódico	2		
	Continuo	4		
RECUPERABILIDAD	Recuperación inmediata	1	1	2
	Recuperable medio plazo	2		
	Mitigable	4		
	Irrecuperable	8		
IMPORTANCIA			57	

Fase de abandono					
Cálculo de Importancia					
			Impactos Operativos		
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2
SIGNO	Beneficioso	(+)		(-)	(-)
	Perjudicial	(-)			
INTENSIDAD	Baja	1	3	2	4
	Media	2			
	Alta	4			
	Muy alta	8			
	Total	12			
EXTENSIÓN	Puntual	1	2	4	2
	Parcial	2			
	Extenso	4			
	Total	8			
	Crítica	(+ 4)			
MOMENTO	Largo plazo	1	1	4	2
	Medio plazo	2			
	Inmediato	4			
	Crítico	(+ 4)			

Fase de abandono					
Cálculo de Importancia					
			Impactos Operativos		
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2
PERSISTENCIA	Fugaz	1	1	2	2
	Temporal	2			
	Permanente	4			
REVERSIBILIDAD	Corto plazo	1	1	2	2
	Medio plazo	2			
	Irreversible	4			
SINERGIA	Sin sinergismo	1	1	1	1
	Sinérgico	2			
	Muy sinérgico	4			
ACUMULACIÓN	Simple	1	1	1	1
	Acumulativo	4			
EFECTO	Indirecto	1	1	4	4
	Directo	4			
PERIODICIDAD	Irregular	1	1	2	4
	Periódico	2			
	Continuo	4			
RECUPERABILIDAD	Recuperación inmediata	1	1	1	2
	Recuperable medio plazo	2			
	Mitigable	4			
	Irrecuperable	8			
IMPORTANCIA				31	34

10.20.4. Impactos de Contingencia

10.20.4.1. Estimación de riesgos

Se evalúa de la siguiente manera:

$$\text{Estimación de riesgo (ER)} = \text{Amenaza (A)} * \text{Vulnerabilidad (V)}$$

a) Amenaza (A)

$$\text{Amenaza (A)} = \text{Control(C)} + \text{Ocurrencia (O)}$$

a.1 Control: Se obtiene a partir de las consideraciones expresadas en la siguiente tabla:

Control	Valor
No controlado	5
Parcialmente controlado	3
Controlado	2
Muy controlado	1

No controlado: No hay medidas o el conjunto de medidas preventivas resulta ineficaz.

Parcialmente controlado: La eficacia del conjunto de medidas preventivas es baja a media.

Controlado: La eficacia del conjunto de medidas preventivas es alta a muy alta.

Muy controlado: No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado.

a.2 Ocurrencia: De la contingencia, se estima considerando el periodo de tiempo de duración de la operación. De acuerdo a la ocurrencia se le asigna los valores descriptos en la siguiente tabla:

Ocurrencia	Valor
Muy frecuente	4
Frecuente	3
Poco frecuente	2
Ocasional	1
Improbable	0

b) Vulnerabilidad (V)

$$\text{Vulnerabilidad (V)} = \text{Factorafectado (Fr)} + \text{Magnitud (M)}$$

b.1 Factor afectado: El valor se obtiene de acuerdo a las características expresadas en la tabla siguiente:

Factor afectado	Valor
<ul style="list-style-type: none"> • Aire: calidad del aire • Agua: <ul style="list-style-type: none"> - Superficial - Recarga de acuíferos - Cauces aluvionales - Napa de agua dulce • Procesos • Suelo: con actividades agrícolas/ganaderas de magnitud • Vegetación: especies vegetales protegidas y/o singulares • Fauna: <ul style="list-style-type: none"> - Especies protegidas - Puntos de paso o rutas migratorias • Ecosistemas especiales • Socioeconómico: <ul style="list-style-type: none"> - Población - Recursos humanos • Infraestructura y núcleos: asentamientos urbanos 	10
<ul style="list-style-type: none"> • Paisaje • Áreas protegidas • Patrimonio cultural 	8
<ul style="list-style-type: none"> • Suelo: <ul style="list-style-type: none"> - Con actividades ganaderas y/o agrícolas de escasa magnitud - Recreativo 	7
<ul style="list-style-type: none"> • Suelo: no comprendidos en los puntos anteriores • Vegetación: no comprendidos en los puntos anteriores • Fauna: no comprendidos en los puntos anteriores • Infraestructura 	6
<ul style="list-style-type: none"> • Agua: napa con alto contenido salino • Suelo: <ul style="list-style-type: none"> - Sin actividades agrícolas/ganaderas - Extractivo 	3
<ul style="list-style-type: none"> • Suelo: ocupado con instalaciones 	1

b.2 Magnitud: Es la extensión del daño sobre el factor afectado, como se pondera en la siguiente tabla:

Definición de la magnitud		
Magnitud	Definición	Valor
Muy Alta	Gravedad catastrófica Restauración muy costosa y de muy difícil corrección	10
Alta	Gravedad desastrosa Restauración costosa y de difícil corrección	7
Media	Gravedad importante Restauración medianamente costosa y con dificultades en su corrección	5
Baja	Gravedad leve Restauración poco costosa y de fácil concreción	3
Despreciable	Gravedad insignificante. Fácilmente corregibles	1

En la tabla se desarrolla la estimación de los riesgos.

Estimación de los riesgos									
Fases	Impactos por contingencias	Factores afectados	Amenaza		Suma	Vulnerabilidad		Suma	Estimación del riesgo
			Control	Ocurrenci		Factor afectado	Magnitud		
Construcción	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales	Suelo	2	1	3	1	3	4	12
	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales	Hidrología	2	1	3	10	3	13	39

	Riesgos de contaminación por posibles incendios	Suelo	2	1	3	1	7	7	21
Operación	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales	Suelo	3	2	5	1	5	6	30
	Riesgos de contaminación por posibles incendios	Suelo	2	2	4	1	3	4	16
	Riesgo por falla de tanques	Proceso	3	2	5	10	7	17	85
	Riesgo de falla de ductos	Proceso	3	2	5	10	5	15	75
	Riesgo de incendios	Proceso	2	2	4	10	7	17	68
Abandono	Riesgos de contaminación por residuos de abandono	Suelo	5	2	7	3	3	6	42

10.21. Declaración de impacto ambiental

10.21.1. Jerarquización de los impactos

10.21.1.1. Impactos operativos

Para efectuar la Jerarquización de los impactos de acuerdo a su Importancia, se toma como base las jerarquías dadas por la Resolución N° 25/04 de la Secretaría de Energía de la Nación, que se señalan en la tabla siguiente:

Jerarquía del impacto	Valor
Bajo	< 25
Moderado	25-50
Crítico	>50

La clasificación se define de la siguiente manera:

- **Bajo:** de rápida recuperación sin medidas correctoras.
- **Moderado:** la recuperación puede tardar de cierto a bastante tiempo, no necesitando medidas correctoras, o en el peor de los casos ser mitigable necesitando medidas correctoras simples.
- **Crítico:** la recuperación requiere bastante tiempo y como mínimo requiere medidas correctoras más complejas, puede superar el umbral tolerable y en este caso no es recuperable independientemente de las medidas correctoras. Se detalla el enjuiciamiento en las siguientes tablas:

FASE: CONSTRUCCIÓN				
Factores afectados	IMPACTOS OPERATIVOS			
	Nº	Negativos	Importancia	Jerarquía
Aire	1	Afectación de la calidad de aire por emisión de polvo	31	Moderado
Suelo	2	Movimiento de suelos	33	Moderado

FASE: OPERACIÓN				
Factores afectados	IMPACTOS OPERATIVOS			
	Nº	Negativos	Importancia	Jerarquía
Aire	1	Afectación de la calidad de aire por emisión de gases	57	Crítico

FASE: ABANDONO				
Factores afectados	IMPACTOS OPERATIVOS			
	Nº	Negativos	Importancia	Jerarquía
Aire	1	Afectación de la calidad de aire por emisión de polvo	31	Moderado
Suelo	2	Afectación por residuos de abandono	34	Moderado

10.21.1.2. Impactos por contingencias

De acuerdo a la categorización del Instituto de Seguridad e Higiene del Trabajo de España.

- *Riesgo Irrelevante*: no requiere acción específica.
- *Riesgo Tolerable*: no requiere medidas adicionales de control.
- *Riesgo Moderado*: requiere medidas para reducir el riesgo.
- *Riesgo Importante*: no se puede dar comienzo a la operación hasta reducir el riesgo.
- *Riesgo Intolerable*: se debe interrumpir la ejecución del proyecto hasta que no se revean las causas que originan el riesgo.

En la próxima tabla se detallan los intervalos de encuadre de los valores de los riesgos calculados.

NIVEL DE RIESGO	
Categoría	Intervalo (estimación de riesgo)
Irrelevante	< 30
Tolerable	31-70
Moderado	71-110
Importante	111-160
Intolerable	> 160

Fases	Impactos por contingencias	Factores afectados	Estimación de riesgo	Nivel de riesgo
Construcción	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales	Suelo	12	Irrelevante
	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes	Hidrología	39	Tolerable

	cloacales y/o industriales			
	Riesgos de contaminación por posibles incendios	Suelo	21	Irrelevante
Operación	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales	Suelo	30	Irrelevante
	Riesgos de contaminación por posibles incendios	Suelo	16	Irrelevante
	Riesgo por falla de tanques	Proceso	85	Moderado
	Riesgo de falla de ductos	Proceso	75	Moderado
	Riesgo de incendios	Proceso	68	Tolerable
Abandono	Riesgos de contaminación por residuos de abandono	Suelo	42	Tolerable
	Riesgos de contaminación por eventuales vertidos de efluentes cloacales y/o industriales	Suelo	12	Irrelevante

10.21.2. Resumen de impactos

a) Impactos Operativos

De los 5 impactos identificados resultaron 4 Moderados y 1 Crítico.

b) Impactos por Contingencias

De los 10 riesgos analizados, 5 son Irrelevantes, 3 son Tolerables y 2 Moderados.

10.22. Plan de gestión ambiental

El plan de gestión ambiental, entre otros temas, identifica todas las medidas consideradas para mitigar y compensar los impactos ambientales significativos.

Puede incluir:

- Un programa de mitigación, con los mecanismos y acciones tendientes a minimizar los impactos ambientales negativos y potenciar los positivos durante las fases correspondientes a cada proyecto.
- Un programa de medidas compensatorias (si corresponde) que comprende el diseño de las actividades tendientes a restituir el medio ambiente.

La mitigación también incorpora la administración de medidas de prevención y de control de impactos por contingencias por razones humanas o naturales.

10.22.1. Medidas correctoras o de mitigación

10.22.1.1. Impactos Operativos

- **Efecto:** Afectación de la calidad del aire

Fase: Construcción - Abandono

Factor: Aire

Categoría: Moderado

Objetivo: disminuir la emisión de polvo a la atmosfera.

- **Medidas de mitigación:**

- Humectar periódicamente los sectores de trabajo.
- Mojar con agua los sectores por los cuales circulen maquinarias o vehículos, para evitar que se levante polvo.
- Se cubrirá la carga de volquetes y camiones con lonas.
- Se cubrirá el suelo extraído evitando la voladura por el viento.
- En caso de no realizar la humectación necesaria, evitar el movimiento de suelos en días ventosos.

- **Efecto:** Afectación de suelos

Fase: Construcción

Factor: Suelos

Categoría: Moderado

Objetivo: trabajo en el movimiento de suelos de forma eficaz.

- **Medidas de mitigación:**

- Hacer un estudio previo del tipo de suelo donde se quiere asentar la planta.
- Hacer una correcta compactación de las capas de suelo en la construcción de rellenos.
- Diseñar y construir un eficiente sistema de drenaje.
- Deberán evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias, ya que las mismas producen daños al hábitat, capa vegetal e incrementan procesos erosivos, inestabilidad y escurrimiento superficial del suelo. Asimismo se afecta al paisaje local en forma negativa.
- Distribuir racionalmente las masas de los suelos a mover, asegurando el máximo de compensación posible.

- **Efecto:** Afectación de calidad del aire

Fase: Operación

Factor: Aire

Categoría: Crítico

Objetivo: control en la emisión de gases.

- **Medidas de mitigación:**

- Controlar que las maquinarias y vehículos con motores de combustión interna estén en buenas condiciones de funcionamiento y que cumplan con las reglamentaciones vigentes.
- Monitorear y controlar periódicamente los niveles de emisión de gases mencionados en el apartado 3.11.1.2., en caso que estos superen los estándares admisibles se deberán implementar medidas correctoras para cada caso particular. Cabe aclarar que todos los valores mencionados en este estudio son producto de simulaciones con datos del proyecto.

En la siguiente tabla se dispone de los tipos de contaminantes que se van a emitir, la tasa de emisión de esta planta, y la tasa de emisión admisible para calidad de aire, estos últimos datos obtenidos de la Resolución N°295/2.003 del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social B.O. 21/11/2003 – Anexo III.

Tabla de concentraciones máximas permisibles				Emisiones gaseosas de las plantas	
Valores aceptados					
Sustancia	N° CAS	CMP		Valor	Unidad
		Valor	Unidad		
Ácido Acético	64-19-100	10	ppm	0,5	ppm
Ácido Acrílico	79-10-7	2	ppm	2,3	ppm
Acroleína	107-02-8	-	-	0,02	ppm
Dióxido de carbono	124-38-9	5.000	ppm	26,8	ppm
Diisopropil-éter				1.406,1	ppm
Etano	74-84-0	-	-	0,02	ppm
Etileno	74-85-1	F		14,1	ppm
Hidrógeno	1333-74-0	-	-	55,3	ppm
Metano	74-82-8	F		18,2	ppm
Nitrógeno	7727-37-9	-	Asfixiante simple	694,9	ppm
Oxígeno				2,7	ppm
Propano	74-98-6	2.500	ppm	16,6	ppm
Propileno	115-07-1	F		87,8	ppm

* F= Según la composición determinada analíticamente.

* CMP= Concentración máxima permisible ponderada en el tiempo para una jornada normal de 8 horas diarias y una semana laboral de 40 horas, a la que se cree pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.

- **Efecto:** Afectación del suelo

Fase: Operativo

Factor: Suelo

Categoría: Moderado

Objetivo: controlar eficientemente los residuos generados.

- **Medidas de mitigación:**

- Se deberá contar con recipientes adecuados y en cantidad suficiente para el almacenamiento seguro de los residuos producidos.
- Contar con un plan de inspección semanal de estos recipientes, para ver en qué condiciones se encuentran y si están bien ubicados.
- Se exigirá que los trabajadores cumplan con el Programa de minimización y manejo de residuos de la planta. Para lo cual se realizarán charlas informativas al personal de obra, en relación al adecuado manejo de los residuos.
- Se removerá toda instalación fija no recuperable que se haya construido, y cualquier residuo que haya quedado en la locación.

10.22.2. Medidas de mitigación de riesgos

El proyecto genera niveles de riesgos tolerables e irrelevantes, y también 2 moderados.

- **Efecto:** Afectación de suelos

Fase: Operación

Factor: Suelos/proceso

Categoría: Moderado

Objetivo: monitorear los tanques para evitar fallas.

- **Medidas de mitigación:**

- Contar con el recinto cerrado para que ante cualquier derrame se acumule en ese sector el líquido.
- Realizar un monitoreo de mantenimiento periódico, para detectar la falla antes de que ocurra un desastre.
- Contar con alarmas AOPS, sistemas de protección contra incendio, aplicación de estándares de seguridad.
 - **Efecto:** Afectación de suelos y aire

Fase: Operación

Factor: Suelos/proceso/aire

Categoría: Moderado

Objetivo: monitorear los ductos para evitar fallas.

- **Medidas de mitigación:**

- Contar con transmisores e indicadores, que constantemente me aporten información de las condiciones de Presión y Temperatura en la línea.
- Realizar un monitoreo de mantenimiento periódico, para detectar una falla antes de que ocurra un desastre.
- Contar con un plan de inspección, limpieza y restitución en caso de que los ductos se encuentren obstaculizados o corroídos.
- Tener un sistema de drenaje y un plan de inspección para el mismo.

10.22.3. Síntesis de medidas de minimización de impactos

Fase	Efecto	Factor	Categoría	Objetivo	Medidas
Construcción	Afectación de la calidad de aire	Aire	Moderado	Disminuir la emisión de polvo a la atmosfera.	Correctora
Construcción	Afectación del suelo	Suelo	Moderado	Trabajar en el movimiento de suelos de forma eficaz.	Correctora
Operación	Afectación de la calidad de aire	Aire	Crítico	Control en la emisión de gases.	Mitigación
Abandono	Afectación de la calidad de aire	Aire	Moderado	Disminuir la emisión de polvo a la atmosfera.	Correctora
Abandono	Afectación del suelo	Suelo	Moderado	Controlar eficientemente los residuos generados.	Correctora
Operación	Afectación del suelo	Proceso/suelo	Moderado	Monitorear los tanques para evitar fallas.	Correctora
Operación	Afectación del suelo/aire	Proceso/suelo/aire	Moderado	Monitorear los ductos para evitar fallas.	Correctora

10.23. Conclusión

La evaluación de impacto ambiental del proyecto ha revelado varias conclusiones importantes. En primer lugar, se constató que las emisiones de gases y partículas en suspensión generadas durante las distintas fases del proyecto se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, se observó que los niveles de SH_2 están cerca del umbral de olor y los hidrocarburos gaseosos exceden ligeramente los estándares de calidad del aire según la legislación española.

Además, se determinó que las zonas cercanas a la planta, como Chacras de Plaza Huincul y partes del Parque Industrial Químico y Petroquímico de Cutral C6 y Plaza Huincul, están afectadas por olores desagradables. Esta situación se debe, en parte, a la planta depuradora de líquidos cloacales y la influencia de los vientos en la dispersión de estos olores hacia diferentes áreas.

En cuanto al ruido ambiental, el estudio indica que los niveles en la región son bajos debido a la limitada actividad industrial y urbana, proporcionando un entorno acústico confortable que cumple con los estándares de referencia.

Las mediciones de emisiones industriales mostraron que las concentraciones de contaminantes están generalmente muy por debajo de los límites que indicarían contaminación significativa. No se detectaron emisiones importantes que alteren significativamente la calidad del aire en la zona.

Respecto a las condiciones climáticas y geográficas, las localidades de Plaza Huincul y Cutral C6 presentan características de aridez debido a su ubicación en una región de planicies y mesetas bajas con influencia del Pacífico, lo cual genera escasas precipitaciones y variabilidad climática.

Finalmente, se identificaron diversos impactos negativos durante las fases de construcción, operación y abandono del proyecto. Entre estos impactos destacan la afectación de la calidad del aire por emisión de polvo y gases, y el riesgo de contaminación del suelo por residuos y posibles incendios.

En conclusión, la evaluación de impacto ambiental del proyecto de producción de propileno ha permitido identificar y mitigar los principales riesgos ambientales, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y promoviendo un desarrollo industrial responsable y sostenible.

10.24. Bibliografía

González, S. J. (2.016). *Ingeniería básica de una planta de deshidrogenación de propano para la producción de propileno* (Tesis de grado). Universidad de Sevilla, Sevilla.

Ley Provincial N° 1.875. Neuquén, 23 de Diciembre de 1.998.

Pérez Sánchez, A., Pérez Sánchez, E., y Segura Silva, R. (2.019). Simulación del proceso de producción del ácido acrílico a través de la oxidación catalítica del propileno gaseoso empleando el simulador ChemCAD. *Revista chilena de ingeniería* 27(1), 142-150.

Píriz, L. (2.018). *Diseño del Proceso de Producción de ácido acrílico e impacto económico del diseño del reactor* (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Ramos, V. A. (2.000). *Las Provincias Geológicas Del Territorio Argentino* [libro]. Buenos Aires. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/284341056_Las_provincias_geologicas_del_territorio_argentino

Resolución N° 295/2.003. 21 de Noviembre de 2.003. Disponible en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo3.htm>

(s.a.). (s.f.). Capítulo 6: Medidas de mitigación, reparación y/o compensación de impactos ambientales y plan de gestión ambiental. Recuperado de:

<https://ucpyrfe.mininterior.gob.ar/BirfPIHNG/IEA-PmpaIndioCap6.pdf>

(s.a.). (s.f.). Capítulo 9: Contaminación ambiental. Recuperado de:

<https://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/58d19f48e1cdebd503256759004e862f/d0879551fe038359032569a60066e0e2?OpenDocument>

(s.a.). (s.f.). *EIA Planta Química*. Material Proporcionado por la cátedra.

(s.a.). (s.f.). El clima promedio en Plaza Huinul. Weather Spark. Recuperado de:

<https://es.weatherspark.com/y/27037/Clima-promedio-en-Plaza-Huinul-Argentina-durante-todo-el->

[a%C3%B1o#:~:text=En%20Plaza%20Huinul%2C%20los%20veranos,m%C3%A1s%20de%2033%20%C2%B0C.](https://es.weatherspark.com/y/27037/Clima-promedio-en-Plaza-Huinul-Argentina-durante-todo-el-)

(s.a.). (s.f.). Línea de Transmisión Eléctrica 230 kV del Proyecto SIEPAC – Tramo Nicaragua
Estudio de Impacto Ambiental. Recuperado de:

<http://www.eprsiepac.com/documentos/nicaragua/07%20MEDIDAS%20AMBIENTALES.pdf>

(s.a.). (s.f.). Movimiento de tierra. Recuperado de:

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/movimiento-de-tierra.pdf>

(s.a.). (s.f.). VI. Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales
identificados. Recuperado de: [http://www.chubut.gov.ar/portal/wp-](http://www.chubut.gov.ar/portal/wp-organismos/ambiente/wp-content/uploads/sites/8/2018/05/IAP-PLANTA-ARENA-PARTE-5-.pdf)

[organismos/ambiente/wp-content/uploads/sites/8/2018/05/IAP-PLANTA-ARENA-PARTE-5-.pdf](http://www.chubut.gov.ar/portal/wp-organismos/ambiente/wp-content/uploads/sites/8/2018/05/IAP-PLANTA-ARENA-PARTE-5-.pdf)

(s.a.). (s.f.). VI. Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales
identificados. Recuperado de: [http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-](http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/07/IAP-LAGUNAS-RW-PARTE-5.pdf)

[content/uploads/2015/07/IAP-LAGUNAS-RW-PARTE-5.pdf](http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/07/IAP-LAGUNAS-RW-PARTE-5.pdf)

ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO

11. Estudio Económico - Financiero

11.1. Resumen ejecutivo

En este capítulo se contemplan aspectos fundamentales como las inversiones necesarias, el proceso de producción, los ingresos esperados y los costos asociados, ofreciendo una visión integral de la viabilidad económica y técnica del proyecto.

Las inversiones antes de la puesta en marcha se dividen en dos categorías clave: terrenos y construcción y maquinaria y equipos. La adquisición de terrenos y la construcción de las instalaciones representan una inversión significativa que incluye edificios, oficinas y estructuras auxiliares. La compra e instalación de maquinaria y equipos específicos para el proceso de deshidrogenación de propano son esenciales, con costos estimados en 33,8 millones de U\$D, basados en índices de costos de plantas de ingeniería química.

La amortización de la inversión en activos fijos se planifica a lo largo de un periodo de 10 años, utilizando el método de amortización lineal. Esto implica una distribución uniforme del costo inicial de los activos fijos anualmente.

Los ingresos proyectados del proyecto provienen de la venta de propileno. Se espera una producción anual de 318.900 toneladas de propileno, con un precio de venta estimado en 1.150 U\$D por tonelada. Esto resulta en ingresos anuales proyectados de aproximadamente 366,7 millones de U\$D.

Los costos del proyecto se dividen en costos fijos y variables. Los costos fijos incluyen salarios, sueldos y mantenimiento de la planta. La planta contará con 103 empleados, y los costos salariales anuales se han detallado para cada categoría de personal. Los costos variables, incluyen costos de materias primas, energía y otros costos operativos.

El análisis económico del proyecto muestra una alta rentabilidad, con ingresos anuales que superan significativamente los costos fijos y la amortización de los activos. Esto indica que el proyecto no solo es viable sino también lucrativo, posicionando a la planta competitivamente tanto en el mercado nacional como internacional.

11.2. Introducción

El análisis económico financiero para un proyecto es un instrumento clave de planificación, evaluación y control.

El estudio financiero es realizado luego de un análisis de mercado, toda la información recogida permitirá realizar el análisis de riesgos y evaluar en profundidad la viabilidad del proyecto.

El examen gira en torno a tres pilares fundamentales:

- Rentabilidad: se analiza el resultado o beneficio obtenido en relación a los recursos disponibles.
- Solvencia y liquidez: se diagnostica la capacidad de la empresa para afrontar sus obligaciones de pago.
- Estructura patrimonial: se estudia la estructura del activo (bienes y derechos) y del pasivo (deudas y obligaciones).

11.3. Objetivos

La finalidad es proporcionar un análisis exhaustivo y detallado sobre la viabilidad y rentabilidad del proyecto de producción de propileno mediante la deshidrogenación de propano. Los objetivos específicos del documento son los siguientes:

1. Evaluar las inversiones necesarias.
2. Proyectar los ingresos y egresos.
3. Realizar un Análisis de rentabilidad:

Estos objetivos están orientados a proporcionar una base sólida para la evaluación y ejecución del proyecto de producción de propileno, asegurando su viabilidad técnica y económica, y promoviendo su éxito a largo plazo.

11.4. Determinación de inversiones

Es sumamente necesario cuantificar las inversiones previas a la puesta marcha y aquellas que surgen durante la operación, ya sea porque se precise reemplazar activos dañados o porque se requiera incrementar la capacidad productiva ante aumentos en la demanda.

Para tal efecto, el monto de inversión total requerido se sintetiza en tres segmentos:

1. Inversiones fijas: se constituyen por el terreno, la maquinaria, equipamiento de oficinas, edificios, instalaciones auxiliares, entre otros.
2. Inversiones en activos intangibles: compuestos de conocimientos técnicos, gastos de organización, gastos de puesta en marcha, patentes y licencias, etc.
3. Capital de trabajo: es la disponibilidad de capital necesario para que una vez que la planta se encuentre instalada y en operación normal, pueda operar a los niveles previstos en los estudios técnicos económicos.

11.4.1. Inversión fija

Es la suma de valor de todos los activos de la planta. Se constituyen por el terreno, la maquinaria, equipamiento de oficinas, edificios, instalaciones auxiliares, entre otros. A diferencia de los terrenos, a efectos contables, los activos fijos están sujetos a depreciación lo cual afectará al resultado de la evaluación por su efecto sobre el cálculo de los impuestos. Los terrenos no solo no se deprecian sino que muchas veces tienden a aumentar su valor por la plusvalía generada por el desarrollo humano a su alrededor como en sí mismos.

Para este proyecto los activos fijos están divididos en obras, edificios y equipos, los cuales se describen y cuantifican a continuación.

11.4.1.1. Obras y edificios

En este caso, se recurre al capítulo [7.7 División de áreas dentro del Lay Out](#), para confeccionar la [tabla 131](#) donde se enlistan las diferentes áreas, las superficies ocupadas por cada una de ellas y el costo de construcción en U\$/m², para finalmente cuantificar el monto total de activos fijos en obras y edificios.

Se utiliza como referencia el valor de 1.790 U\$/m², obtenido de World Population Review (Revista de Población Mundial). (World Population Review, 2024).

Para el caso del terreno se supone un valor de 50 U\$/m² aproximadamente, para definir el costo monetario de la superficie total de terreno necesario.

Tabla 131. Costos de edificación y terreno.

OBRAS Y EDIFICIOS		
ÁREA	Superficie (m ²)	Costo (USD/ m ²)
Oficinas: gerencia, RRHH, planificación, mantenimiento, inspección de equipos, seguridad de procesos, medio ambiente, proyectos, optimización y control, proceso.	85	152.150
Sala de control	80	143.200
Comedor	60	107.400
Baño	30	53.700
Laboratorio	80	143.200
Almacén	500	895.000
Portería	60	107.400
Playa de estacionamiento	1000	1.790.000
100 – Tren de intercambio de calor y zona de reacción.	1.500	2.685.000
200 - Zona de enfriamiento, compresión y separación.	350	626.500
300 - Columnas de separación por destilación.	150	268.500
400 – Parque de tanques.	3.000	5.370.000
500 – Servicios auxiliares.	1.600	2.864.000
600 – Red contra incendios.	1.500	2.685.000
700 – Antorcha.	900	1.611.000
800 – Planta de tratamiento de efluentes.	1000	1.790.000
900 – Terminal/Despacho.	5.000	8.950.000
Total de edificios	16.895	30.242.050
Terreno	153.832	7.691.600
Costo total de activos fijos	-	37.933.650

11.4.1.2. Equipos

La estimación de costos para los equipos requeridos de proceso se realizará con la ayuda de la página web de venta internacional “Matche”, la cual tiene como cotización de dólar referido al año 2.014, se realizará una actualización con el índice CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index) actual. (Matche, 2.014).

Entonces, para actualizar el costo del equipo se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_{actual} = C_{anterior} * \frac{CEPCI\ 2024}{CEPCI\ 2014}$$

Siendo Cactual y Ccanterior, los costos de los equipos en sus respectivos años.

La relación de los índices de costos de plantas de ingeniería química es:

$$\frac{CEPCI\ 2024}{CEPCI\ 2014} = \frac{799,1}{576,1} = 1,39$$

Acudiendo a los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID), se confecciona la tabla 132, con los equipos de proceso, las unidades requeridas de cada uno y el costo estimativo de cada uno, para cuantificar un monto total.

Además de afectar los costos por la relación de índices de costos, debe tenerse en cuenta el costo de importación y fabricación de equipos en otros lugares del mundo, asumiendo un 40% de sobre costo.

11.4.1.1. Sistema de red contra incendio

El sistema de la red contra incendio, incluye todo el equipamiento para la actuación ante un evento o emergencia, contemplando hidrantes, lanzas, manguerotes, conexiones y cañerías, extintores, entre otros.

Para estimar la inversión en el sistema de red contra incendio, se tomará como referencia, el 10% del gasto en la construcción total de los edificios.

Tabla 132. Costos en sistema de red contra incendio

Sistema de red contra incendio	
Costo (U\$D)	
	3.024.205

La inversión total en activos fijos estará dada por:

Tabla 133. Inversión total en activos fijos

Activos fijos	
Concepto	Total (U\$D)
Obras y edificios	37.933.650
Equipos	33.807.436
Sistema de red contra incendio	3.024.205
Total	74.765.291

Tabla 134. Costos en equipos de proceso.

EQUIPOS DE PROCESO							
Equipos	TAG	Costo U\$D/unidad 2.014	Unidades	Ajuste CEPCI	Costo U\$D/unidad 2.024	Costo total U\$D	Costo total con el 40% por exportación y fabricación U\$D
Torres de destilación	T-300/301	300.000	2	1,39	416.594	833.189	1.166.464
Bombas centrífugas	P-300 A/B/C/D	14.700	4	1,39	20.413	81.652	114.313
	P-200 A/B	13.400	2	1,39	18.608	37.216	52.102
	P-301 A/B	11.400	2	1,39	15.831	31.661	44.326
	P-302 A/B	10.600	2	1,39	14.720	29.439	41.215
	P-403 A/B	14.700	2	1,39	20.413	40.826	57.157
	P-402 A/B	10.600	2	1,39	14.720	29.439	41.215
	P-401 A/B	11.400	2	1,39	15.831	31.661	44.326
Calentador	ER-300/ER-301	20.600	2	1,39	28.606	57.212	80.097
Separador	V-300 / V-302	172.800	2	1,39	239.958	479.917	671.883
Intercambiado res de calor	E- 100/101/102/103/ 104/105	32.700	6	1,39	45.409	272.453	381.434
Hornos	H- 100/101/102/103	422.700	4	1,39	586.981	2.347.926	3.287.096

EQUIPOS DE PROCESO							
Equipos	TAG	Costo USD/unidad 2.014	Unidades	Ajuste CEPCI	Costo USD/unidad 2.024	Costo total USD	Costo total con el 40% por exportación y fabricación USD
Reactores	R-100	11.900	1	1,39	16.525	16.525	23.135
	R-101	14.600	1		20.274	20.274	28.384
	R-102/R-103	19.700	2		27.356	54.713	76.598
Compresores	C-200/201/202	2.916.400	3	1,39	4.049.852	12.149.557	17.009.380
Separadores	V-200	1.057.900	1	1,39	1.469.051	1.469.051	2.056.671
	V-201	711.700	1	1,39	988.301	988.301	1.383.621
	V-202	588.300	1	1,39	816.942	816.942	1.143.718
	V-203	172.800	1	1,39	239.958	239.958	335.942
	V-204	104.600	1	1,39	145.253	145.253	203.354
Intercambiadores de calor	E-200/201/202/203/204	23.500	5	1,39	32.633	163.166	228.433
Condensador	E-300/ E-302	33.000	2	1,39	45.825	91.651	128.311
Tanques	TK-400	30.300	1	1,39	42.076	42.076	58.906
	TK-401	50.400	1	1,39	69.988	69.988	97.983
	TK-402	51.400	1	1,39	71.376	71.376	99.927
	TK-500	403.500	1	1,39	560.319	560.319	784.447
	TK-501	203.200	1	1,39	282.173	282.173	395.043

EQUIPOS DE PROCESO							
Torre de enfriamiento	TE-500 A/B	89.200	2	1,39	123.867	247.735	346.829
Caldera	B-500	1.332.600	1	1,39	1.850.512	1.850.512	2.590.717
Ablandadores	W-500 A/B	14.600	2	1,39	20.274	40.549	56.768
Antorcha	CH-700	400.000	1	1,39	555.459	555.459	777.643
Total							33.807.436

11.4.2. Amortización

La amortización es un proceso contable y económico que distribuye el costo de un activo fijo a lo largo de su vida útil. Este proceso es crucial porque los activos, como equipos o edificios, pierden valor con el tiempo debido al desgaste, la obsolescencia tecnológica, entre otros factores. Así, la amortización refleja esta pérdida de valor y se registra anualmente como un gasto en los libros financieros de la empresa.

El método de amortización lineal, uno de los más sencillos y comúnmente utilizados, divide el costo inicial del activo por su vida útil en años. Este método asume que el activo pierde valor de manera uniforme a lo largo del tiempo.

Para este estudio, se tomará un periodo de amortización de 10 años como referencia, ya que es representativo para el proyecto considerado. La fórmula utilizada es:

$$A = \frac{V_0}{n}$$

Dónde V_0 es el valor inicial del activo y n es el número de años de vida útil.

Tabla 135. Amortización en período de 10 años

Año	1	2	3	4	5
Amortización	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1
Año	6	7	8	9	10
Amortización	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1

11.5. Ingresos

Los ingresos del proyecto están relacionados a las ventas del producto principal, en nuestro caso Propileno.

La cantidad de propileno a producir anualmente es de 318.900 Tn, para satisfacer la demanda de algunas empresas nacionales y ser competitivos internacionalmente.

El precio de propileno se definió analizando el mercado en los últimos 10 años, tal como se puede ver en la [tabla 12](#), siendo de **1.150 U\$D/Tn**.

Este valor fue considerado teniendo en cuenta que un valor demasiado bajo de propileno afecta negativamente la economía de la empresa, si se visualiza en la [tabla 150](#), un costo de 1.001 U\$D/Tn ya genera un VAN negativo y por ende un proyecto no rentable.

Tabla 136. Ingresos por venta de propileno

Año	1	2	3	4	5
Producción (Tn/año)	318.900	318.900	318.900	318.900	318.900
Precio (USD/Tn)	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
Ingreso total (USD/año)	366.735.000	366.735.000	428.601.600	366.735.000	366.735.000
Año	6	7	8	9	10
Producción (Tn/año)	318.900	318.900	318.900	318.900	318.900
Precio (USD/Tn)	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
Ingreso total (USD/año)	366.735.000	366.735.000	366.735.000	366.735.000	366.735.000

11.6. Egresos

En un proyecto, los costos se dividen en dos categorías principales: costos fijos y costos variables. Ambos tipos de costos son esenciales para entender la estructura de gastos y para la planificación financiera y operativa del proyecto.

11.6.1. Costos Fijos

Son aquellos gastos que permanecen constantes independientemente del nivel de producción o de las ventas. No varían con la cantidad de productos o servicios producidos y deben ser cubiertos incluso si no se produce nada. Entre ellos:

11.6.1.1. Salarios y sueldos

Lo primero que se debe definir es la carga horaria del personal.

Se dispondrá de personal directo aquellos que cumplan turnos de 12 hs (diurno y nocturno) dejando parte del personal para reemplazo en ocasiones de francos y vacaciones; y personal indirecto aquellos que cumplan carga horaria de 8 hs más 1 hs de almuerzo según lo dispuesto por el Convenio Colectivo de Trabajo (CCT).

En la planta se dispondrá por día una cantidad de 103 personas trabajando. Según lo dispuesto en la [tabla 25](#).

En la [tabla 137](#) se dispondrá de un listado del personal, según las tareas del puesto de cada uno de ellos y lo dispuesto por CCT, se establecen los salarios y se contemplan las retenciones por prestaciones sociales.

11.6.1.2. Mantenimiento

Es una actividad fundamental de una planta industrial, debido al uso de los equipos que hace que estos se desgasten y a corto o largo plazo produzcan desperfectos.

El mantenimiento se divide en tres grandes grupos:

1. Mantenimiento predictivo: son aquellas acciones y técnicas aplicadas para predecir una falla y realizar el mantenimiento necesario antes de que ocurra.
2. Mantenimiento preventivo: se realiza de forma planificada para prevenir fallas y asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos. Por ejemplo: realización de inspecciones regulares, cambios de aceite y filtros, limpiezas, entre otros.
3. Mantenimiento correctivo: se realiza una vez ocurrida una falla. Aquí se realizar reparaciones, reemplazos de emergencia, ajustes y calibraciones.

Los costos de mantenimiento se suelen estimar considerando un 7% de los costos de inversión de activos fijos, y a su vez, se dividen en un 30% en costos para mantenimiento preventivo y un 70% para mantenimiento correctivo.

De la [tabla 134](#) obtenemos que el costo total de inversión en activos fijos es de **74.765.291 U\$D**, los costos de mantenimiento nos quedan:

Tabla 137. Costos de mantenimiento

Mantenimiento		
Mantenimiento total	U\$D/año	5.233.570
Mantenimiento preventivo		1.570.071
Mantenimiento correctivo		3.663.499

Tabla 138. Costos fijos de salarios

RECURSOS HUMANOS									
	Personal	Recurso s	Sueldo (U\$D/mes)		Sueldo (U\$D/año)		Prestaciones sociales (U\$D/año)		Total (U\$D/año)
			Por recurs o	Total	Por recurs o	Total	Por recurs o	Total	
Directo	Jefe de producción	1	2.800	2.800	33.600	33.600	8.064	8.064	41.664
	Supervisores	5	2.200	11.000	26.400	132.000	6.336	31.680	163.680
	Operadores de producción	20	2.000	40.000	24.000	480.000	5.760	115.200	595.200
	Laboratoristas	11	2.200	24.200	26.400	290.400	6.336	69.696	360.096
	Operador terminal	11	2.000	22.000	24.000	264.000	5.760	63.360	327.360
Indirecto	Gerente	1	3.500	3.500	42.000	42.000	10.080	10.080	52.080
	Mantenimiento	15	1.800	27.000	21.600	324.000	5.184	77.760	401.760
	Inspección	7	1.600	11.200	19.200	134.400	4.608	32.256	166.656
	Planificación	3	1.500	4.500	18.000	54.000	4.320	12.960	66.960
	Optimización y control	4	1.500	6.000	18.000	72.000	4.320	17.280	89.280
	Procesos	4	1.900	7.600	22.800	91.200	5.472	21.888	113.088
	Almacén	2	1.400	2.800	16.800	33.600	4.032	8.064	41.664
	Seguridad de proceso	1	1.900	1.900	22.800	22.800	5.472	5.472	28.272
	Seguridad e Higiene	3	1.600	4.800	19.200	57.600	4.608	13.824	71.424
	Medicina	5	1.000	5.000	12.000	60.000	2.880	14.400	74.400
	Bomberos	5	1.000	5.000	12.000	60.000	2.880	14.400	74.400
	RRHH	1	1.200	1.200	14.400	14.400	3.456	3.456	17.856
Cocina y mastranza	4	1.000	4.000	12.000	48.000	2.880	11.520	59.520	
									2.745.360

11.6.2. Costos Variables

Son aquellos gastos que cambian en proporción directa al nivel de producción o de ventas. Aumentan cuando la producción aumenta y disminuyen cuando la producción disminuye.

Entre ellos:

11.6.2.1. Materias primas

Siendo el propano la única materia prima necesaria para la producción de propileno, nos queda que el gasto total es:

Tabla 139. Gasto en materia prima

Materia prima	Consumo (Tn/año)	Precio (USD/Tn)
Propano	472.251,6	585
	Total	276.267.186

11.6.2.2. Servicio de gas natural, energía eléctrica y agua

El consumo de energía eléctrica será para aquellos equipos como bombas y compresores, para el caso del alumbrado en planta se considera el 3% del consumo en equipos, y la energía eléctrica consumida en oficinas será el 2% del total de consumo en equipos.

Tabla 140. Gastos en energía eléctrica

Energía eléctrica	Consumo (kW*mes)	Precio (USD/kW)	Gasto total (kW/año)
Equipos	492.550,9	0,08	472.848,9
Oficinas	9.851,02	0,08	9.457
Alumbrado	14.776.527	0,08	14.185.465,9
		Total	14.667.772

Definimos el consumo de agua según lo requerido como agua potable para el personal y para el proceso en torres de enfriamiento y generación de vapor.

Tabla 141. Gastos en agua

Agua	Consumo (m ³ /mes)	Precio (USD/m ³)	Gasto total (m ³ /año)
Potable	2.592	0,07	2.177
Proceso	401.151,9	0,07	336.968
		Total	339.145

Por último, definimos el consumo de gas natural en aquellos equipos que lo requieran.

Tabla 142. Gastos en gas natural

Gas natural	Consumo (Sm ³ /mes)	Precio (USD/Sm ³)	Gasto total (Sm ³ /año)
Proceso	3.784.485,6	0,069	3.133.554
		Total	3.133.554

11.6.3 Egresos totales

En resumen, se detallan todos los costos tenidos en cuenta en el presente proyecto.

Tabla 143. Egresos totales

Resumen de costos	
	Unidad [USD/año]
Sueldos	2.745.360
Mantenimiento	5.233.570
Materia Prima	276.267.186
Energía eléctrica	14.667.772
Gas Natural	3.133.554
Amortización	7.476.529,1
Agua	339.145
Total (USD/año)	302.386.587,1

11.7. Indicadores Económicos Clave

Para evaluar adecuadamente el flujo de caja, se utilizan dos indicadores importantes:

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** Mide la rentabilidad del proyecto.
- **Valor Actual Neto (VAN):** Representa el valor presente de los flujos de caja netos.

Estos indicadores ayudan a determinar si un proyecto es viable o no.

11.7.1. Valor Actual Neto

El VAN es un indicador financiero, que sirve para medir y cuantificar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Se basa en la comparación de los flujos de caja generados con respecto a la inversión inicial, a una tasa de interés fijada. Por lo que determina el excedente de la rentabilidad exigida o deseada, luego de recuperar la inversión.

- $VAN > 0$: Indica que el proyecto es rentable, generando ganancias superiores a la tasa de interés exigida por el inversor. Proyecto aprobado.
- $VAN = 0$: En términos financieros, genera beneficios iguales a la tasa de interés exigida. Es opcional su implementación.
- $VAN < 0$: Indica que la rentabilidad es inferior a la exigida por el inversor. Proyecto no aprobado.

Para determinar el valor actual de los flujos de dinero futuros, se utiliza una tasa de descuento (T_d o K), equivalente al rendimiento que se espera recibir por colocar estos recursos en la inversión del proyecto.

11.7.2. Tasa Interna de Retorno

Otro indicador importante para la evaluación del proyecto, es la tasa interna de retorno, la cual indica la tasa de descuento que provoca que el VAN sea cero, es decir, determina la tasa de interés en la que los flujos de caja positivos y negativos son iguales.

Así como el VAN, el TIR se utiliza para analizar la rentabilidad de un proyecto. Se busca que la TIR sea mayor que el valor de la tasa de descuento (k). En estas condiciones, el proyecto se considera rentable.

- $TIR > k$: Indica que conviene invertir en el proyecto.
- $TIR = k$: En términos financieros, genera beneficios iguales a la tasa de interés exigida. Se debe realizar una evaluación más detallada.
- $TIR < k$: No conviene invertir en el proyecto.

11.7.3. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Representa el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial a través de los flujos de efectivo generados por el proyecto.

Es necesario recopilar la información sobre la inversión inicial y los flujos de efectivo esperados. Esto incluye:

- Inversión inicial: la cantidad total de dinero invertido.
- Flujos de efectivo anuales: los ingresos netos que se espera generar cada año.
- Datos obtenidos del flujo de caja.

Tabla 144. Periodo de Recuperación de la Inversión PRI

Año	Flujo neto de fondos (U\$\$)	Flujo neto de fondos acumulados (U\$D)
0	-79.998.862	-79.998.862
1	43.590.175	-36.408.686
2	43.590.175	7.181.489
3	43.590.175	50.771.664
4	43.590.175	94.361.840

La inversión inicial será recuperada al 1 año y 10 meses aproximadamente de puesta en marcha la planta.

11.8. Flujo de caja

La proyección del flujo de caja es crucial en el análisis de un proyecto, ya que aporta información muy importante de la empresa, indicando si ésta se encuentra en una situación sana económicamente o si se encuentra en déficit.

El flujo de caja permite medir las inversiones, costos e ingresos de un proyecto. La diferencia entre los ingresos y egresos se denomina “flujo de caja neto”. Este indicador es esencial para evaluar la rentabilidad económica del proyecto.

Tabla 145. Flujo de caja - Período 0 a 5 años

		Flujo de Caja					
Periodo		0	1	2	3	4	5
Inversión	Activo Fijo (u\$s)	74.765.291					
	Capital de Trabajo (u\$s)	5.233.570,4					
	Total (u\$s)	79.998.861,6					
Ingresos	Por venta (u\$s)		366.735.000	366.735.000	366.735.000	366.735.000	366.735.000
Egresos	Costo Fijo (u\$s)		7.978.930,4	7.978.930,4	7.978.930,4	7.978.930,4	7.978.930,4
	Costo Variable (u\$s)		294.407.656,7	294.407.656,7	294.407.656,7	294.407.656,7	294.407.656,7
	Total (u\$s)		302.386.587,1	302.386.587,1	302.386.587,1	302.386.587,1	302.386.587,1
Amortización (u\$s)			7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1
Utilidad antes de Impuestos			56.871.883,8	56.871.883,8	56.871.883,8	56.871.883,8	56.871.883,8
Impuestos	Ganancia (35%)		19.905.159,3	19.905.159,3	19.905.159,3	19.905.159,3	19.905.159,3
	Ingresos Brutos (1,5%)		853.078,3	853.078,3	853.078,3	853.078,3	853.078,3
	Total (u\$s)	0	20.758.237,6	20.758.237,6	20.758.237,6	20.758.237,6	20.758.237,6
Utilidad Neta			36.113.646,2	36.113.646,2	36.113.646,2	36.113.646,2	36.113.646,2
Flujo Neto de Fondos (u\$s)		-78.998.861,6	43.590.175	43.590.175	43.590.175	43.590.175	43.590.175
Flujo Neto de Fondos Acumulados (u\$s)		-78.998.861,6	-36.408.686	7.181.489	50.771.664	94.361.840	137.952.015
Parámetros de Evaluación							
Tasa de Descuento	20,00%						
TIR	51%						
VAN (u\$s)	\$ 398.340.846						
Estado de proyecto	PROYECTO RENTABLE						

Tabla 146. Flujo de caja - Período 6 a 10 años

Periodo		6	7	8	9	10
Inversión	Activo Fijo (u\$s)					
	Capital de Trabajo (u\$s)					
	Total (u\$s)					
Ingresos	Por venta (u\$s)	366.735.000	366.735.000	366.735.000	366.735.000	366.735.000
Egresos	Costo Fijo (u\$s)	7.978.930,4	7.978.930,4	7.978.930,4	7.978.930,4	7.978.930,4
	Costo Variable (u\$s)	294.407.656,7	294.407.656,7	294.407.656,7	294.407.656,7	294.407.656,7
	Total (u\$s)	302.386.587,1	302.386.587,1	302.386.587,1	302.386.587,1	302.386.587,1
Amortización (u\$s)		7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1	7.476.529,1
Utilidad antes de Impuestos		56.871.883,8	56.871.883,8	56.871.883,8	56.871.883,8	56.871.883,8
Impuestos	Ganancia (35%)	19.905.159,3	19.905.159,3	19.905.159,3	19.905.159,3	19.905.159,3
	Ingresos Brutos (1,5%)	853.078,3	853.078,3	853.078,3	853.078,3	853.078,3
	Total (u\$s)	20.758.237,6	20.758.237,6	20.758.237,6	20.758.237,6	20.758.237,6
Utilidad Neta		36.113.646,2	36.113.646,2	36.113.646,2	36.113.646,2	36.113.646,2
Flujo Neto de Fondos (u\$s)		43.590.175	43.590.175	43.590.175	43.590.175	43.590.175
Flujo Neto de Fondos Acumulados (u\$s)		181.542.190	225.132.366	268.722.541	312.312.716	355.902.892
Parámetros de Evaluación						
Tasa de Descuento	20,00%					
TIR	51%					
VAN (u\$s)	\$ 398.340.846					
Estado de proyecto	PROYECTO RENTABLE					

Se definió una tasa de descuento del 20%, ya que resulta representativo para fines práctico.

Entre los puntos destacar del flujo de caja, se remarca que resulta una tasa interna de retorno del 51%, siendo mayor a la tasa de descuento o interés establecida (20%), y a su vez, un VAN del 398.340.846 U\$D, lo cual indica que la inversión en el proyecto resulta favorable, es decir, es un proyecto rentable.

11.9. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio de un proyecto es el nivel de ventas o producción en el cual los ingresos totales son iguales a los costos totales. En otras palabras, es el punto en el que una empresa no obtiene ni ganancias ni pérdidas. Conocer el punto de equilibrio es fundamental para entender cuánto se necesita vender para cubrir todos los costos y comenzar a generar beneficios.

Para calcular el punto de equilibrio, se necesitan tres componentes principales:

1. **Costos Fijos (CF):** Son los costos que no cambian con el nivel de producción o ventas.
2. **Costos Variables (CV):** Son los costos que cambian directamente con el nivel de producción o ventas.
3. **Precio de Venta Unitario (PVU):** Es el precio al cual se vende cada unidad del producto.

El punto de equilibrio se puede calcular en unidades y en valor monetario.

- Punto de Equilibrio en Unidades (PE)

$$PE = \frac{CF}{PVU - CVU}$$

CVU: Costo Variable por Unidad producida.

- Punto de Equilibrio en Valor Monetario

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CVU}{PVU}}$$

Tabla 147. Datos necesarios para el cálculo del punto de equilibrio.

Abreviatura	Detalle	Valor
I	Ingresos por ventas (u\$s/año)	366.375.000
CF	Costos fijos (u\$s/año)	7.978.930
CV	Costos variables (u\$s/año)	294.407.657
Q	Producción (Tn/año)	318.900
CT	Costos totales (u\$s/año)	302.386.587
CV unitario	Costo variable unitario(u\$s/Tn)	923
P	Ingreso unitario (u\$s/Tn)	1.150

Tabla 148. Punto de equilibrio

Punto de Equilibrio	PE (Tn/año)	35.180,1
	PE (u\$s/año)	40.457.079

Es decir, se deben vender aproximadamente 35.180 toneladas anuales para solventar los gastos del proyecto. El punto de equilibrio se representa a continuación.

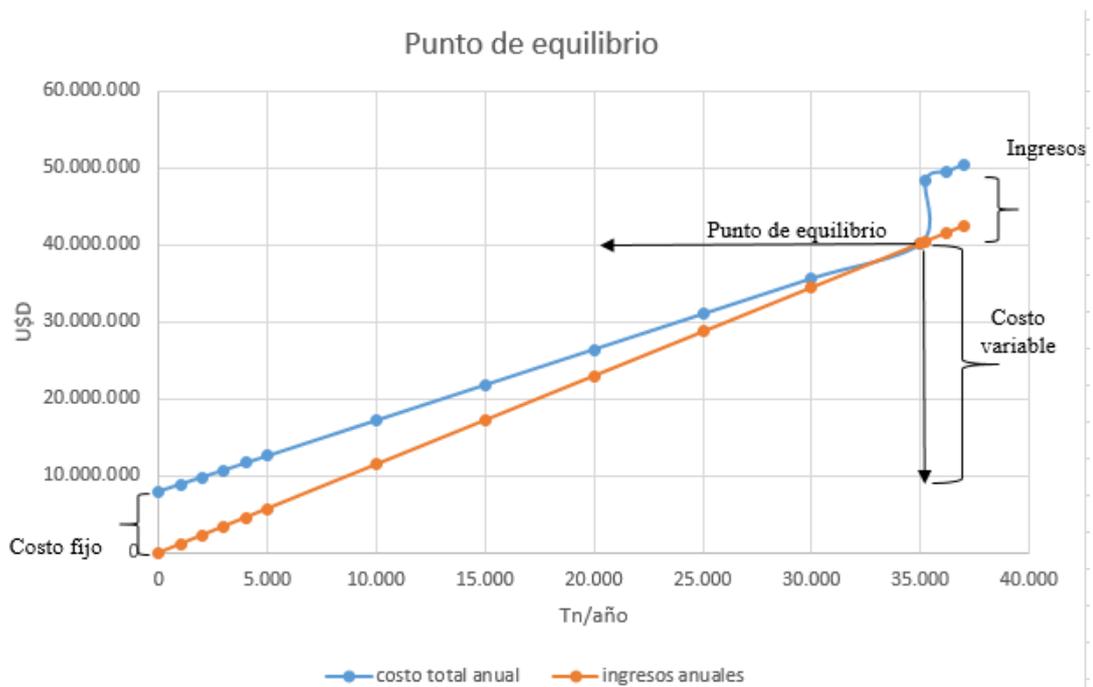


Gráfico 64. Punto de equilibrio

11.10. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una técnica utilizada en la evaluación de proyectos para determinar cómo variaciones en los principales factores que afectan el proyecto (como costos, ingresos, tasas de interés, etc.) pueden influir en los resultados finales, específicamente en los indicadores financieros clave. Este análisis ayuda a identificar cuáles variables tienen el mayor impacto en la viabilidad del proyecto y permite a los gestores entender el riesgo y la incertidumbre asociados.

En ese caso se realizará el análisis de sensibilidad al precio de la materia prima (propano) y precio del producto final (propileno).

11.9.1. Análisis de sensibilidad del precio de propano

Tabla 149. Variación del precio de materia prima

Variación en precio de materia prima, propano			
Porcentaje de Variación (%)	Precio (u\$/tn)	VAN (U\$S)	TIR (%)
-10,00	527	\$ 695.405.969	75%
-5,00	556	\$ 546.873.408	63%
0,00	585	\$ 398.340.846	51%
5,00	614	\$ 249.808.284	38%
10,00	644	\$ 96.153.910	23%
15,00	673	\$ - 52.378.651	4%

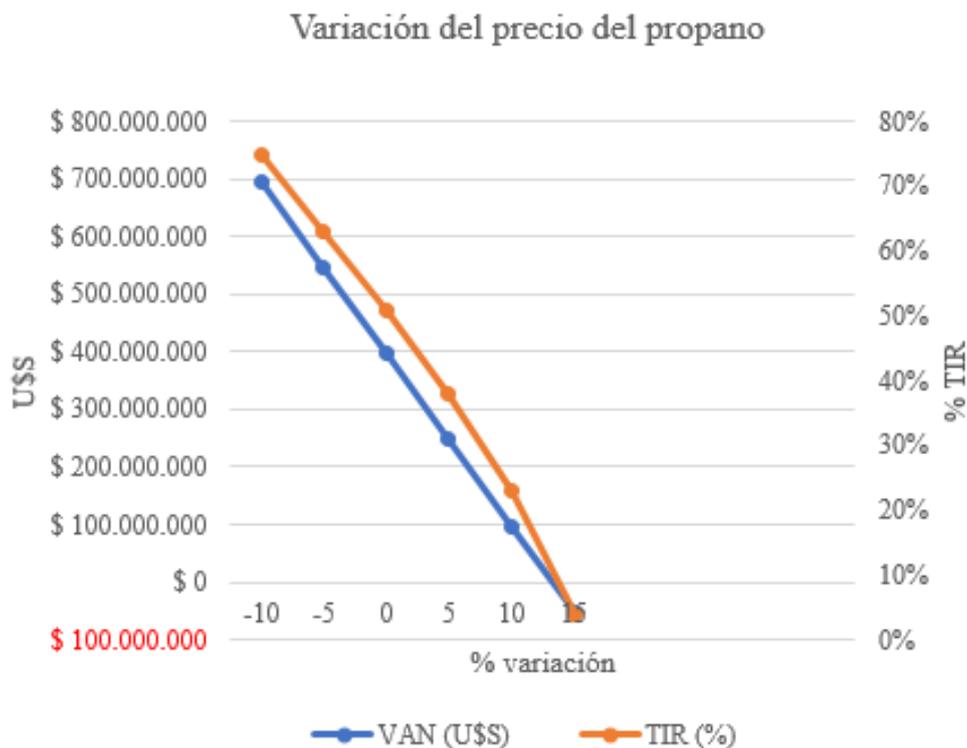


Gráfico 65. Variación del precio de materia prima

Como se puede observar, en caso que disminuya el costo del propano a un 10% de nuestro valor base, existe un aumento del TIR desde el 51% al 73%, lo recomendable es que el TIR sea mayor a la tasa de descuento pero menor que el 60-65%. Si aumenta un 15% el precio de propano respecto del base, el proyecto deja de ser rentable, obteniendo un VAN negativo y un TIR inferior a la tasa de descuento asumida.

11.9.1. Análisis de sensibilidad del precio de propileno

Como se podrá observar, en caso que el precio del propileno alcance un 6% del valor base, el proyecto deja de ser viable, teniendo un VAN negativo. De manera similar a lo anterior, si el precio del propileno aumenta un 15% su valor, entonces el TIR aumenta desde 51% a 75%, saliéndose del rango aceptable.

Tabla 150. Variación del precio del producto final

Variación en el precio del propileno			
Porcentaje de Variación (%)	Precio (u\$/Tn)	VAN (U\$S)	TIR (%)
-6,0	1.001	\$ - 116.995.795	-9%
-5	1.065	\$ 104.356.856	24%
-2,5	1.121	\$ 298.040.426	43%
0	1.150	\$ 398.340.846	51%
2,5	1.179	\$ 498.641.266	59%
5	1.238	\$ 702.700.742	75%

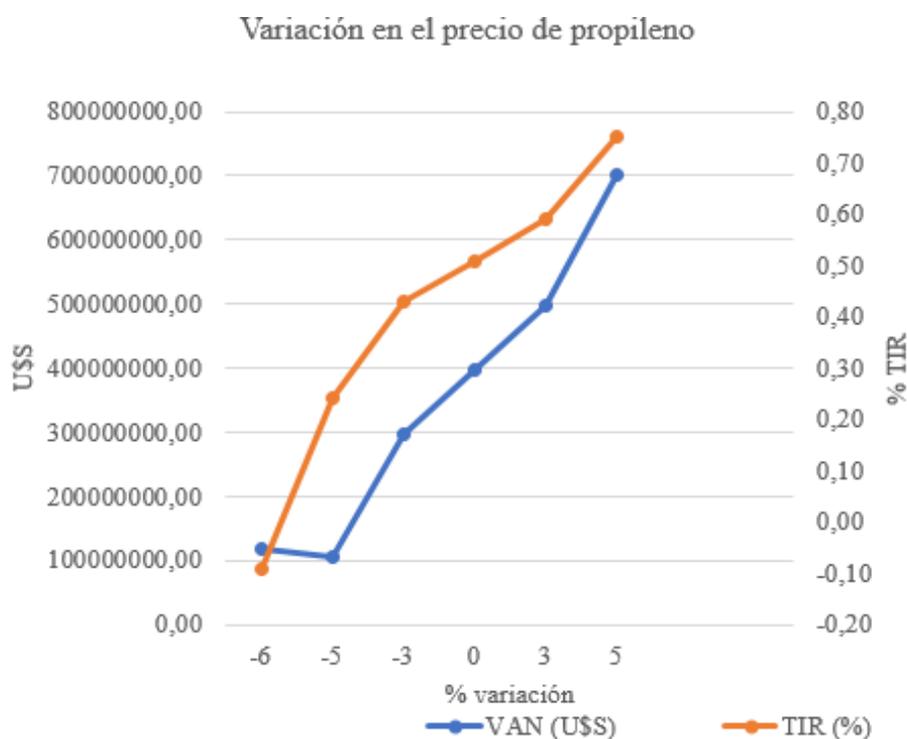


Gráfico 66. Variación del precio del producto final.

11.11. Conclusión

De acuerdo al análisis económico financiero ejecutado, se puede deducir:

- El precio del producto principal puede disminuir hasta un 5% del valor base asumido (1.150 USD) manteniendo un proyecto rentable y adecuado, según lo dispuesto por los indicadores económicos clave.
- Para que la materia prima influya sobre la viabilidad del proyecto, se deberá superar el 15% del precio actual considerado, lo que genera un VAN negativo.
- Según el flujo de caja, es un proyecto atractivo y rentable para los inversionistas, ya que se obtiene una tasa interna de retorno (TIR) del 51% (el cual es superior a la tasa de descuento establecida, 20%), y un valor actual neto (VAN) de 398.340.846 U\$S.
- Se determina que a partir del año y 10 meses de producción de la planta se comienzan a observar ganancias.
- Para una producción de 873,3 Tn/día de propileno (318.900 Tn/año) es necesario vender 35.180 Toneladas anuales para compensar los costos totales, y tener un equilibrio entre pérdidas y ganancias.

11.12. **Bibliografía**

- Aguas Bonaerenses S.A. (2.024). *Se realizó la Audiencia Pública para actualizar la tarifa de ABSA*. ABSA. Recuperado el 2 de agosto de 2.024 de <https://www.aguasbonaerenses.com.ar/noticia.php?id=2807>
- Ente Nacional Regulador del Gas. (2.024). *Precios y tarifas vigentes*. ENARGAS. Recuperado el 2 de agosto de 2.024 de <https://www.enargas.gob.ar/secciones/precios-y-tarifas/resoluciones-tarifas-vigentes.php>
- Ente Nacional Regulador de la Electricidad. (2.024). *Tarifas*. Argentina.gob.ar. ENRE. Recuperado el 2 de agosto de 2.024 de https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios
- Matche. (2.014). *Matches'Process Cost Estimates*. Matches. Recuperado el 2 de Agosto de 2.024 de <https://www.matche.com/equipcost/Default.html>
- Perplexity AI. (07 de agosto de 2024). *Precios internacionales FOB/CIF de propileno en los últimos 10 años*. https://www.perplexity.ai/search/propylene-fob-cif-internationa-uGS3P4aYST6utYas_xh_Bw
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. & Sapag J.M.P. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Towering Skills. (2.024). *Cost indices*. Towering Skills. Recuperado el 2 de Agosto de 2.024 de <https://toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/>
- World Population Review. (2.014). *Construction Cost Index by Country 2024*. Recuperado el 2 de agosto de 2.024 de <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/construction-cost-index-by-country>

Anexo I – Hojas de seguridad

Anexo II – Diagramas de flujo del proceso

Anexo III – Diagramas de flujo de servicios auxiliares

Anexo IV – Diagramas de tuberías e instrumentación del proceso

Anexo V – Diagramas de tuberías e instrumentación de servicios auxiliares

Anexo VI – Diagramas de tuberías e instrumentación de Sistema de Red Contra Incendios

Anexo VII – Planos de Ingeniería de Detalle