

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata

PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO A PARTIR DE METANOL

Integración V - Proyecto Final
Carrera: Ingeniería Química

ALUMNOS:

- ✓ Añasco, Dario
- ✓ Faiella Vacchelli, Ivo
- ✓ Makovec, Lorena
- ✓ Ovelar, Victoria

DOCENTES:

- ✓ Titular de Cátedra: Ing. Vrcic, Juan Domingo.
- ✓ JTP: Ing. Rueda, Hernán.

Año 2023



Contenido

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE DEL PROYECTO	3
2.1 Hipótesis de trabajo	3
3. ESTUDIO DE MERCADO	4
3.1 El producto, sus características y usos	4
3.2 Evolución de la producción	12
3.3. Consumo Histórico	15
3.4. Proyección de la demanda	17
3.5 Determinación de la capacidad de producción de la nueva planta.	17
3.6 Productos sustitutos	18
3.7 Materias primas	19
3.7.1 Metanol	19
3.8 Clientes y competencia de productos y materia primas	28
3.9 Variables macroeconómicas	29
4. UBICACIÓN DE LA PLANTA	34
4.1 Macrolocalización.	34
4.2 Microlocalización	47
4.2.1 Conclusión	49
4.3 Detalle de ubicación final	49
4.4 Estudio requisitos legales	51
4.4.1 Conclusión	59
4.5 Estudios de clima	60
4.5.1 Conclusión	62
4.6 Estudio de suelo	63
4.6.1 Generalidades del área gran La Plata:	63
4.6.2. Estudio de suelo en la zona de instalación:	64
4.6.3 Conclusiones	65
5. ELECCIÓN DEL PROCESO ÓPTIMO – SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA	67
5.1. Descripción de los distintos procesos posibles	67
5.2. Análisis de las ventajas y desventajas de cada uno	70
5.3. Patentes	73
5.4. Selección del óptimo	73
5.4.1 Conclusión:	74
5.5. Construcción del diagrama de flujo preliminar	75
5.6. Descripción detallada del proceso elegido	75
6 DISEÑO BÁSICO	78
6.1 Límites de batería	78
6.2 Balance de masa	79
6.3 PFD	80



6.4 Diseño de Equipos	81
6.4.1 Diseño del reactor	81
6.4.2 Selección de la bomba P-101	102
6.4.3 Diseño del tanque de materia prima TK-101	115
6.4.4 Intercambiador de calor E-105:	119
6.4.5 Diseño de la columna absorbadora T-101:	129
6.4.6 Diseño del compresor C-101:	139
7 - CONTROL AUTOMÁTICO	147
7.1 Reactor R-101	148
7.2 Columna T-102	151
8 - LAYOUT	153
8.1 Definición de áreas:	155
8.2 PLOT-PLAN	157
9. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL PERSONAL	158
9.1- Organigrama	159
9.2 Descripción de los puestos	163
9.3 Esquema de Turnos:	164
9.4 Conclusión:	164
10- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	165
10.1. Identificación de actividades con impacto ambiental (fase construcción, producción y abandono); formas de mitigarlos:	165
Emisiones Puntuales:	169
Etapas de Construcción del Proyecto:	169
10.2. Nivel de complejidad Ambiental:	170
10.3 Matriz de impactos	176
10.4 Riesgos en operación	178
10.4 Conclusión	187
11. Evaluación Económica	189
11.1. Capital Fijo	189
11.2 Capital de Trabajo:	192
11.3. CAPEX:	195
11.4 Depreciación y amortización:	195
11.5. Cálculo de ingreso bruto:	196
11.6. OPEX:	198
11.7. Flujo de caja:	200
11.8. Indicadores económicos:	203
Análisis de Sensibilidad:	204
11.10 CONCLUSIÓN	204
12. BIBLIOGRAFÍA	205



1. OBJETIVO

Desarrollo de Ingeniería Básica para aprobación de inversión de una planta de Formaldehído cumpliendo con todas las especificaciones técnicas, de seguridad y medioambiente asociadas a esta industria. El objetivo del proyecto es sentar las bases para el desarrollo de la planta, teniendo en cuenta factores como la demanda y la oferta actual en nuestro país.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

Desarrollo de estudio de viabilidad técnico económico y ambiental, para instalar una planta con una producción anual de 20.000 tn/año de solución acuosa al 37% de formaldehído.

El desarrollo del estudio, implica realizar FEL I, FEL II Y FEL III, en un periodo de tiempo no superior al año, debiendo entregar la información para la toma de decisión en diciembre de 2023. Esto incluye localización de la empresa, obtención de certificado de aptitud ambiental, organigrama y análisis económico y de sensibilidad.

2.1 Hipótesis de trabajo

- Se ha hecho una previsión de crecimiento de la demanda de formaldehído del 4% anual para los próximos 10 años.
- Se ha firmado un acuerdo de provisión de metanol por 10 años con la empresa Y.P.F. S.A., cuya planta productora está ubicada en Plaza Huincul, provincia de Neuquén.
- Se ha llegado a un acuerdo en el que Ecolab, Diransa e Ipel Itibanyl que van a comprar la totalidad de nuestra producción evaluando que las mismas importan formaldehído para abastecer su producción.
- Se ha llegado a un acuerdo con el Ministerio de la Producción, que gravará la importación de formaldehído para fomentar la industria nacional.



3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 El producto, sus características y usos

El formaldehído (HCHO) es un compuesto altamente reactivo y el primero en la serie de aldehídos alifáticos; es uno de los veinte productos químicos más producidos en todo el mundo.

Es un gas incoloro, de olor fuerte e irritante a temperatura y presión ambiente, pero se convierte en un líquido transparente e incoloro a temperaturas menores de -20°C . Incluso a bajas concentraciones de 1 ppm, es irritante para los ojos y el tracto respiratorio, causando una sensación de ardor a concentraciones más altas, y los vapores de las soluciones de Formaldehído son inflamables y explosivos. Este compuesto es un producto metabólico importante en plantas y animales, por lo que se encuentra naturalmente en el medio ambiente en bajas concentraciones, y también se produce a través de la combustión incompleta de materia orgánica como los combustibles líquidos o gaseosos derivados del petróleo.

Debido a su tendencia a polimerizar en estado gaseoso puro, el Formaldehído no se comercializa en forma pura, sino que se almacena y transporta en forma de soluciones en agua y metanol. Estas soluciones comerciales, conocidas como formalinas, contienen entre un 30% y un 40% de Formaldehído y un 15% de Metanol como agente estabilizante, aunque otros agentes estabilizantes también pueden estar presentes en concentraciones de hasta 100 mg/l.

El formaldehído se utiliza principalmente en la síntesis de resinas como la úrea-formaldehído, el fenol-formaldehído y los poliacetales, y también en una amplia variedad de aplicaciones, como adhesivos, revestimientos, resinas plásticas, explosivos, pigmentos colorantes, productos farmacéuticos y plaguicidas. Además, el formaldehído y sus derivados se pueden encontrar en la construcción, la automoción, el sector textil y la papelería. Los principales



usos en la industria de formaldehído son construcción, industria automotriz, agricultura, petroquímica y cuidado personal.

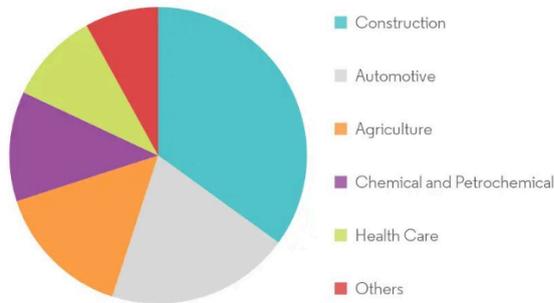


Figura: usos formaldehído

Fuente: Mordor Intelligence. Formaldehyde Market, revenue (%) Global 2022

En la actualidad, se emplean catalizadores de hierro-molibdeno, $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3/\text{SiO}_2$ (para obtener un producto más diluido) o catalizadores de Ag (para obtener formaldehído de alta pureza) para producir formaldehído con un alto rendimiento a partir de metanol, mediante deshidrogenación oxidativa directa o deshidrogenación combinada con la oxidación de H_2 .

El formaldehído se produce a partir de metanol como materia prima. El proceso de producción implica la oxidación catalítica del metanol en presencia de oxígeno para formar formaldehído y agua.

Fórmula química

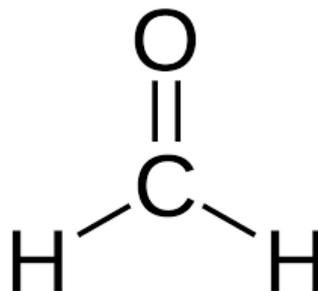




Figura.: Fórmula química del formaldehído

Composición del Formaldehído comercial en solución acuosa

Componente	Contenido	Peligroso
Agua	48 - 53%	No
Formaldehído	37%	Si
Metanol	10 – 15%	Si

Figura.: Composición del formaldehído

Propiedades físicas

Propiedad	Valor
Peso Molecular (g/mol)	30,03
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	-19,5; sustancia pura
Punto de Fusión (°C)	97; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
Presión de Vapor (mmHg)	-92; sustancia pura -15; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
Gravedad Específica (Agua = 1)	10; -88 °C sustancia pura 3883; 25°C sustancia pura
Densidad del Vapor (Aire = 1)	1,067; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol 0,815; sustancia pura -20 °C/4 °C
Solubilidad en Agua	1,075; sustancia pura -20 °C 1,03; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
Constante de la Ley de Henry (Pa*m ³ /mol)	55%; 20 °C
Ph	2, 65X10 ⁻²
Limites de Inflamabilidad (% vol)	Entre 2.8 y 4.0
Temperatura de Auto Ignición (°C)	7%-73%; 25 °C
Punto de Inflamación (°C)	430
Punto de Inflamación (°C)	50; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol 85; formalina, 37% formaldehído, sin metanol

Figura: Propiedades físicas.

Fuente: elaboración propia



Propiedades químicas



HOJA DE SEGURIDAD
MPA-02-F-17-8 – Versión 2 – 25/02/2015

FORMALDEHIDO

IMAGEN
PRODUCTO



SIMBOLO NFPA (NIVEL DE RIESGO)



Escala de Calificación de Riesgos

- 0 = Mínimo
- 1 = Ligero
- 2 = Moderado
- 3 = Serio
- 4 = Severo

TELÉFONO DE EMERGENCIAS:

Línea Única de Emergencias	123
Cruz Roja Colombiana	132
Cuerpo Oficial de Bomberos	119
Materiales Peligrosos	018000916012

Uso del producto: Se utilizan para esterilización de instrumentos de hemodiálisis. También utilizado como desinfectante ambiental de salas altamente contaminadas que una vez tratadas deben airearse.

FICHA TÉCNICA

1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

SINÓNIMOS: Formaldehido

FÓRMULA QUÍMICA: CH₂O

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

• CLASIFICACIÓN DE RIESGO DEL PRODUCTO QUÍMICO

Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. Provoca quemaduras. Peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión. Posibles efectos cancerígenos. Corrosivo incluso en forma diluida.

- **Inhalación:** Irritación del tracto respiratorio superior, acompañada de tos, disnea. Cuando la exposición es prolongada puede causar dolor de cabeza, palpitaciones, inflamación de las vías respiratorias originando laringitis y bronconeumonía. En casos extremos puede ocasionar muerte por edema. Exposiciones repetidas a bajas concentraciones, pueden ocasionar irritación de las mucosas, dolor de garganta, faringitis, resequedad de la boca, nariz y garganta.
- **Ingestión:** Irritación e inflamación de la boca, garganta, esófago y estómago, diarrea. Puede presentarse daño en los riñones y en el sistema nervioso central con síntomas como convulsión, inconsciencia y muerte, para dosis superiores a 30 ml. de formaldehido al 40% en peso. La cantidad necesaria para producir la muerte es de 0,03L a 0,50L.



- **Contacto con los ojos:** Puede causar graves quemaduras, y en casos extremos ceguera. Una exposición prolongada puede ocasionar conjuntivitis.
- **Contacto con la piel:** Contactos repetidos con el producto pueden causar irritación e incluso en algunos casos producir úlceras. Contactos prolongados pueden generar dermatitis y sensibilidad de la piel.
- **Efectos crónicos:** La exposición frecuente o prolongada a este producto puede causar hipersensibilidad que puede conducir a dermatitis, además puede causar una reacción alérgica en algunas personas. Por el metanol que contiene puede ocurrir debilitamiento de la visión e inflamación del hígado. El formaldehído es cancerígeno.

3. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE COMPONENTES

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA:

Ingrediente	Formula	Porcentaje por peso	Número CAS
Formaldehído	CH ₂ O	37% p/p	50-00-0
Estabilizante (metanol)	CH ₄ O	4% p/p	67-56-1

4. PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo a:

- **Inhalación:** Aire fresco. En caso necesario, respiración por medios instrumentales. Si hay dificultad para respirar, entonces suministrar oxígeno. Llamar al médico.
- **Contacto con la piel:** Aclarar con abundante agua, preferiblemente tibia, durante mínimo 20 minutos. Eliminar ropa contaminada. En caso de presentarse irritación persistente consultar a un médico.

- **Contacto con los ojos:** Aclarar con abundante agua durante mínimo 20 minutos, manteniendo abiertos los párpados. Evitar que el agua contaminada tras lavar el ojo afectado entre en contacto con el ojo en buen estado. Llamar al oftalmólogo.
- **Ingestión:** Enjuagar la boca con agua y luego suministrarla en abundancia. Aplicación posterior: Carbón activo (20-40 gramos de suspensión al 10%). Llamar inmediatamente al médico. Si el paciente está convulsionando, está inconsciente o está perdiendo rápidamente la consciencia no suministrar nada por la boca. No provocar el vómito, si este ocurre espontáneamente, mantener a la víctima inclinada para reducir el riesgo de aspiración.

5. MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

- **Medios de extinción adecuados:** Agua en forma de rocío o niebla, CO₂, espuma tipo alcohol, polvo químico seco.
- **Riesgos especiales:** Formación de vapores de formaldehído, combustible. Mantener alejado de fuentes de ignición. Posible formación de mezclas explosivas con aire.
- **Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:** Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.
- **Referencias adicionales:** Precipitar los vapores emergentes con agua. Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

- **Precauciones individuales:** No inhalar vapores, evitar contacto con el material derramado.
- **Protección del medio ambiente:** No permitir el paso al sistema de desagües. Evitar la contaminación del suelo y de aguas superficiales o subterráneas.



- **Métodos de recogida o limpieza:** Aislar el área de derrame en 50m a 100m a la redonda, detener la fuga en caso de ser posible sin riesgos. Contener el derrame y recoger con materiales absorbentes no combustibles como arena o tierra secas y depositar en contenedores para residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. No usar elementos que puedan producir chispas como palas metálicas. Diluir con abundante agua. Evitar el contacto en todos los casos con la sustancia. No añada productos químicos. Para neutralizar: metabisulfito de sodio en exceso.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

- Operar en área bien ventilada y fresca. En lo posible con extractor de aire evitando
- la generación de vapores.
- Evitar el contacto en la manipulación con cualquier sustancia oxidante, ácidos y metales alcalinos.
- Una vez utilizado cerrar nuevamente ya que a partir de los 20° C mediante
- evaporación se puede alcanzar una concentración nociva en el aire.
- Nunca devuelva el producto no utilizado al envase original.

Almacenamiento:

- Conservar en área ventilada y fresca alejado de fuentes de calor, como por ejemplo:
- llamas, líneas de vapor o sol directo.
- Mantenga lejos de productos incompatibles (véase sección. 10)
- Mantenga cerrado con todo su empaque original.
- Temperaturas óptimas de almacenamiento: +15° C a +25° C.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

- Protección respiratoria: Hasta 0,3 ppm se recomienda la utilización de respirador con máscara facial completa con cartucho para formaldehído. Para concentraciones superiores o desconocidas usar respiradores de línea de aire (SAR) o respiradores de aire autocontenido (SCBA). NIOSH recomienda usar siempre SAR o SCBA por ser sospechoso carcinógeno.
- Protección de la piel: Para exposiciones superiores a 8 horas, usar caucho de butilo o nitrilo, Vitón. Para exposiciones superiores a 4 horas, usar neopreno, PVC.
- Protección de los ojos: Gafas de protección, aunque la protección visual se encuentra incluida en el respirador recomendado (pieza facial completa).
- Otros equipos de protección cutánea: Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite el contacto del producto, overol resistente al químico.
- Pictogramas:



9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado Físico	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Olor fuerte picante
Temperatura de auto inflamabilidad	430° C
Ph	3 – 4
Densidad	1,1 g/mL a 25°C
Solubilidad	Soluble en agua, acetona, alcohol, benceno, éter y cloroformo
Punto de Ebullición	96 – 98° C
Punto de Fusión	-118°C



10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

- **Estabilidad:** Tiene un alto grado de estabilidad bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. La descomposición de las soluciones de formaldehído a productos gaseosos es prácticamente despreciable bajo estas condiciones.
- **Condiciones a evitar:** Temperaturas extremas, calentamiento, fuentes de ignición.
- **Materias a evitar:** Iniciadores de polimerización (como metales alcalinos), ácidos, óxidos de nitrógeno, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, oxidantes, ácido perbórico, fenoles, aminas, sales de cobre, hierro y plata.
- **Estabilizadores:** Metanol.

Información complementaria Higroscópico; inflamable; reductor; tiende a polimerizar; incompatible con metales diversos y aleaciones diversas. Por calentamiento en estado gaseoso/vapor existe riesgo de explosión al formar mezclas con el aire.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA:

- **Toxicidad aguda: LC50 (inhalativo, rata):** 0.578 mg/l /4 h (formaldehído). LD50 (dérmica, conejo): 270 mg/kg (formaldehído). LD50 (oral, rata): 100 mg/kg (formaldehído).
- **Toxicidad subaguda a crónica:** La sospecha sobre su efecto cancerígeno precisa de mayor aclaración. No hay reducción de la capacidad reproductora en experimentos con animales.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

- Concentraciones entre 50 y 200 mg/L en agua son fatales para la vida acuática superior (guppies).
- Concentraciones entre 1-2 mg/L impiden el crecimiento de bacterias, algas y otros microorganismos.
- Corrosivo aun en forma diluida.
- Evitar el drenaje de formaldehído a desagües o cursos de agua ya que aún en concentraciones muy bajas puede dañar la vida acuática.

13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

- **Métodos de eliminación del Producto:** Incineración.
- **Métodos de eliminación del envase:** Disponer los envases a eliminar por intermedio de un gestor externo que cuente con licencia ambiental para su eliminación o incineración. Deben seguirse todas las reglamentaciones aprobadas por las autoridades nacionales y locales.

14. OTRAS INFORMACIONES

Los datos contenidos en esta ficha son una guía para el usuario y están basados en diferentes bibliografías y experiencia. La información suministrada en esta ficha técnica no pretende garantizar las propiedades o características del producto, simplemente describe el producto desde el punto de vista de los requisitos de seguridad.

BIBLIOGRAFIA: www.bibliotecadigital.usbcali.edu.co
<http://www.oxidial.com.ar/assets/files/es/formol-40.pdf>
www.google.com

Fecha Elaboración / Revisión: Marzo de 2015.

Figura: Ficha de datos de seguridad del formaldehído

El Formaldehído, una sustancia altamente reactiva, tiene la capacidad de auto-polimerizarse, lo que resulta en la formación de Paraformaldehído. La exposición al calor provoca su descomposición y a temperaturas superiores a 150 °C, se convierte en Dióxido de Carbono y Metanol. La oxidación por luz solar también lo degrada en Dióxido de Carbono. Además, es altamente inflamable y puede formar mezclas explosivas en el aire entre 7% y 73% en



volumen a 25 °C. También reacciona rápidamente al entrar en contacto con agentes oxidantes fuertes, álcalis, ácidos, fenoles y urea.

El Formaldehído es soluble en agua, alcoholes y otros solventes polares. En soluciones acuosas, se hidroliza y polimeriza y puede existir en diferentes compuestos, como el metilenglicol y el polioximetileno. Sin embargo, las soluciones de Formaldehído con concentraciones mayores al 30% se enturbian debido a la precipitación de sus polímeros. Esto se evita añadiendo estabilizantes como el metanol a la solución o manteniéndola a temperaturas superiores a 100 °C.

El Formaldehído se descompone por encima de 150 °C, lo que da lugar a la formación de Dióxido de Carbono y Metanol. Sin embargo, cuando la temperatura es mayor a 350 °C, la descomposición se dirige hacia la formación de monóxido de Carbono e Hidrógeno. Utilizando catalizadores metálicos como Aluminio, Platino, Cobre y Cromo, es posible obtener diferentes productos como Metanol, formato de metilo, ácido fórmico y metano

El Formaldehído también puede participar en reacciones de condensación junto con grupos amino. Por ejemplo, con aminas e Hidrógeno se producen metil-aminas, mientras que con Amoniacó se produce hexametilentetramina. En función de las condiciones de reacción, el cloruro de amonio puede producir mono, di y trimetilamina, así como ácido fórmico.

Finalmente, la reacción de condensación de Formaldehído con diferentes compuestos como urea, melamina, uretanos, amidas, amidas aromáticas sulfonadas y fenoles produce una gran cantidad de resinas de uso en diversas áreas.



3.2 Evolución de la producción

Si bien el formaldehído es un producto ampliamente utilizado en la industria como se mencionó anteriormente, su producción local suele ser baja en comparación con otros productos ya que se importa gran cantidad de éste. Sin embargo existen algunas empresas que se dedican a su producción para autoabastecerse, las mismas se encuentran dispuestas en el siguiente cuadro:

Argentina			Oferta y demanda (t/año)					
Nomenclatura Nacional: 2912,11,00			Año	Capacidad	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Empresas Productoras	Ubicación de la Planta	Capacidad	2015	98000	20690	236	353	20573
ARAUCO ARGENTINA S.A.	Pto. San Martín - Sta. Fe	48000 t/a	2012	139000	25880	186	677	25389
ATANOR S.C.A.	Munro - Bs. As (Cerrada (2017))	15000 t/a	2014	98000	17414	306	591	17129
RESINAS CONCORDIA S.R.L.	Concordia - Entre Ríos	35000 t/a	2013	107000	23533	462	750	23245
			2016	98000	17602	396	283	17715
			2017	98000	15713	642	191	16164
			2018	98000	16954	358	27	17285
			2019	98000	23434	588	30	23992
			2020	48000	23715	1817	0	25532
			2021	48000	28910	11726	1	40635

Figura: Oferta y demanda de formaldehído.
Fuente: Anuario APLA

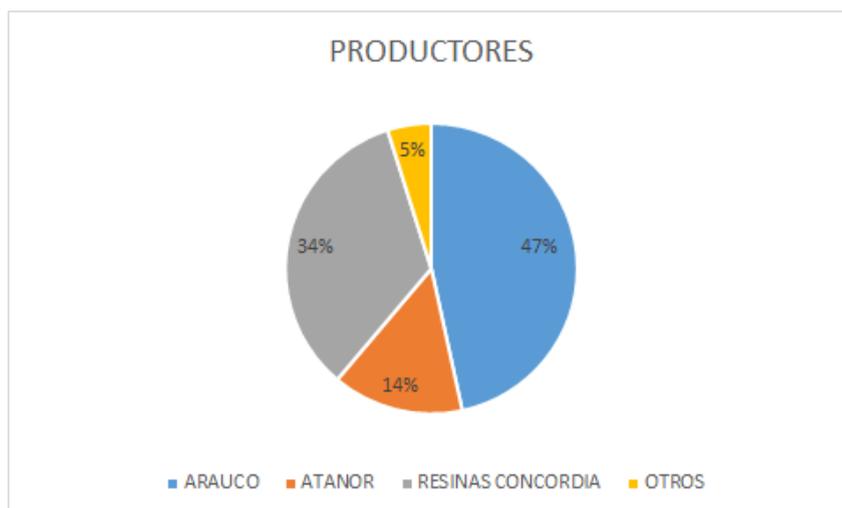


Figura: Productores de formaldehído en Argentina.
Fuente: Anuario APLA



Como podemos ver en el gráfico, Arauco cuenta con casi el 48% de la producción de formaldehído en Argentina. Arauco es una empresa chilena que se dedica a la producción de celulosa, paneles de madera, productos forestales y químicos. En Argentina, Arauco opera en una planta de formaldehído ubicada en la provincia de Santa Fé. La capacidad de producción de esta planta es de alrededor de 48.000 toneladas anuales de formaldehído.

Por otro lado, Resinas Concordia es una empresa argentina que se especializa en la producción de resinas y adhesivos con su planta ubicada en la ciudad de Concordia, provincia de Entre Ríos. La capacidad de producción de esta planta es de alrededor de 35.000 toneladas anuales de formaldehído y representa aproximadamente el 35 % de la producción

Por último Atanor es una empresa argentina que se dedica a la producción de productos químicos y agroquímicos. En cuanto a la producción de formaldehído, Atanor cuenta con una planta ubicada en la localidad de Zárate, provincia de Buenos Aires. La capacidad de producción de esta planta es de alrededor de 15.000 toneladas anuales de formaldehído siendo el 15% de la producción aproximadamente.

La producción de formaldehído del 2022 podría estimarse en un 15% de crecimiento anual con respecto a la producción en 2021, según un informe de la DATA BRIDGE.



Figura: Producción de formaldehído en Argentina.
Fuente: elaboración propia

Los mayores productores de formaldehído se encuentran en la región de Asia y el Pacífico, Europa y Norteamérica. La producción mundial de formaldehído alcanzó alrededor de 50 millones de toneladas en el 2022, según el Consejo Americano de Química, de las cuales la región de Asia y el Pacífico lideró con una participación del 56%, seguida de Europa y América del Norte con un 22% y un 15,83%, respectivamente. China destacó como el principal actor en este mercado, ocupando más del 51% de la capacidad total y manteniendo una posición inigualable en términos de producción de formaldehído.

Sin embargo, Sudamérica representa un sector en potencial crecimiento en producción de formaldehído y otros productos petroquímicos. Según el informe emitido por Formox en su boletín sobre el formaldehído, Sudamérica posee una capacidad nominal de producción de 1,7 millones de toneladas al año, lo que representa el 3,8% de la capacidad total mundial y se destaca a este continente como una región con abundantes recursos y un mercado en expansión. Argentina cuenta con una ubicación privilegiada y una amplia disponibilidad de recursos, lo que la convierte en un país estratégico para la fabricación de formaldehído en Latinoamérica, lo que permitirá a su vez, reducir el costo generado por la necesidad de su importación.



Productores de formaldehído

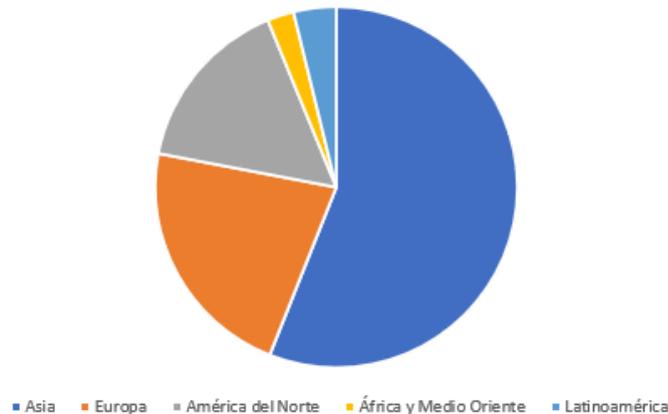


Figura: Productores de formaldehído en el mundo.
Fuente: Gráfico de elaboración propia

3.3. Consumo Histórico

Según los datos del APLA, la demanda de formaldehído tuvo un aumento del 60% en los últimos tres años. La creciente demanda de productos de madera, la industria manufacturera en expansión y la necesidad de productos sanitarios y de higiene que se ha tenido en el último tiempo producto de la pandemia de COVID-19 han sido algunos de los principales factores que han impulsado el aumento de la demanda de formaldehído en los últimos años.



Consumo de formaldehído 2020-2022

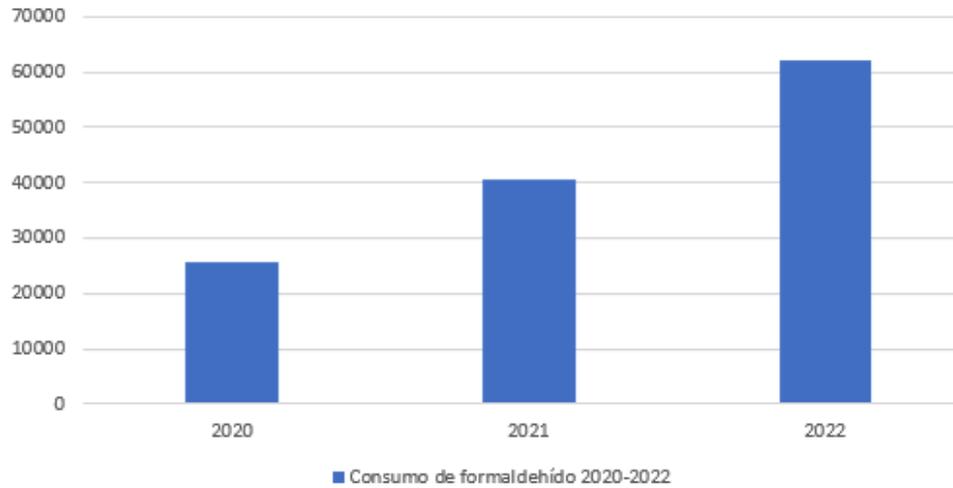


Figura: Consumo de formaldehído en Argentina.
Fuente: Gráfico de elaboración propia

Oferta y demanda



Figura: Oferta y demanda de formaldehído en Argentina. Gráfico de elaboración propia.
Fuente: APLA



3.4. Proyección de la demanda

En la siguiente figura se observa la demanda de formaldehído en la Argentina desde el año 2010 hasta el año 2022 a partir de los datos brindados por el Instituto Petroquímico Argentino. Con estos datos se realizó la proyección de la demanda hasta el año 2037 con una tasa de crecimiento anual de 4%.

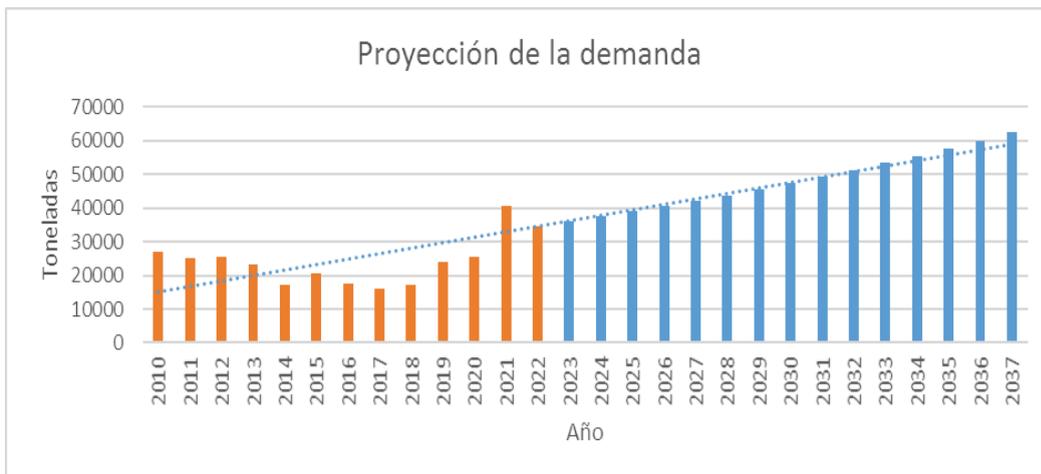


Figura. Proyección de la demanda de formaldehído.

Fuente: hasta el año 2022 Anuario petroquímico Argentino, en adelante, elaboración propia.

3.5 Determinación de la capacidad de producción de la nueva planta.

Para la determinación de la capacidad de producción se tuvo en cuenta la proyección de la demanda realizada en el ítem anterior. Para el inicio del proyecto (año 2027) la producción estimada es de 14 mil toneladas anuales, y se incrementa hasta llegar a 20 mil toneladas anuales para el año 2036.

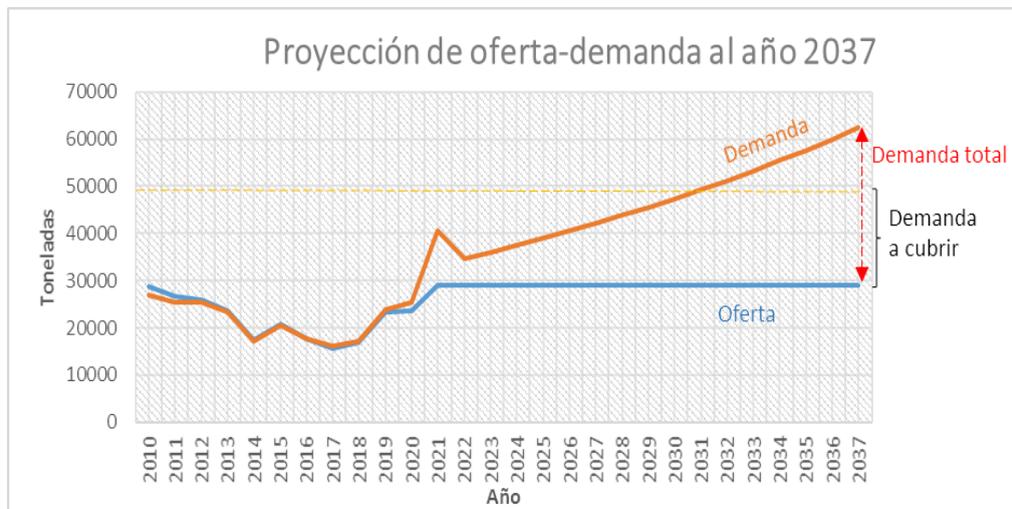


Figura: Proyección de la demanda de formaldehído.

Fuente: hasta el año 2022 Anuario petroquímico Argentino, en adelante, elaboración propia.

A partir de estos datos y teniendo en cuenta que se busca cubrir el 33% de la demanda total, se elige diseñar una planta con una capacidad de producción de 20 mil toneladas anuales.

La planta se encontrará operativa y en marcha durante 330 días por año. Los otros 35 días restantes quedarán a disposición para mantenimiento, cambio de catalizador, paradas de emergencia (si las hubiese) o fallas.

3.6 Productos sustitutos

La mayor cantidad de formaldehído producido e importado se utiliza para la fabricación de resinas.

Las resinas se obtienen a partir de formaldehído, pero también se produce a partir de furfural. Las resinas furánicas, sobre todo las derivadas del furfural y alcohol furfúrico, se caracterizan por poseer buenas propiedades físico-mecánicas, alta resistencia térmica y buena resistencia química, pero también presentan propiedades indeseables, son frágiles y quebradizas, tienen pobre adherencia y son oscuras.



La producción de resinas a partir de furfural aún está en desarrollo por lo cual no representa una amenaza significativa en el reemplazo de nuestro producto.

3.7 Materias primas

Para la producción de formaldehído se utilizan tres materias primas: metanol, aire atmosférico, y agua.

3.7.1 Metanol

Características

El metanol es un líquido incoloro, volátil e inflamable con un ligero olor alcohólico en estado puro. Es un líquido altamente venenoso y nocivo para la salud. Es miscible en agua, alcoholes, ésteres, cetonas y muchos otros solventes; además, forma muchas mezclas azeotrópicas binarias. Es poco soluble en grasas y aceites.



2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS

2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS			
Pictograma			
Palabra Advertencia	Peligro		
Indicación de Peligro	H225 Líquido y vapores muy inflamables	H301 Tóxico en caso de ingestión. H311 Tóxico en contacto con la piel. H331 Tóxico en caso de inhalación.	H370 Provoca daños en los órganos.
Consejo de Prudencia	Líquidos inflamables (Categoría 2)	Toxicidad aguda, Inhalación (Categoría 3) Toxicidad aguda, Cutáneo (Categoría 3) Toxicidad aguda, Oral (Categoría 3)	Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (Categoría 1)
Otras regulaciones	-		
OTROS PELIGROS			



4.PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Trasladar al afectado a una zona de aire fresco. Si la respiración es dificultosa practicar respiración artificial o aplicar oxígeno. Solicitar asistencia médica.

Ingestión/Aspiración: Si la persona afectada está consciente darle de beber agua. No inducir el vómito. No dar nada oralmente si el afectado está inconsciente o con convulsiones. Solicitar asistencia médica urgente.

Contacto piel/ojos: Quitar las prendas y calzado contaminados. Lavar la parte afectada con abundante agua durante al menos 20 minutos. Solicitar asistencia médica.

Medidas generales: Solicitar asistencia médica.

5.MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medidas de extinción: Espuma antialcohol, polvo químico seco, CO₂ y agua pulverizada.

Contraindicaciones: NO UTILIZAR NUNCA CHORRO DE AGUA DIRECTO.

Productos de combustión: CO₂ y CO (en combustión incompleta), formaldehído y metanol no quemado.

Medidas especiales: Mantener alejados de la zona de fuego los recipientes con producto. Enfriar los recipientes expuestos a las llamas. Si no se puede extinguir el incendio dejar que se consuma controladamente. Consultar y aplicar planes de emergencia en caso de que existan.

Peligros especiales: Líquido fácilmente inflamable. Los vapores forman mezclas explosivas con el aire y se puede inflamar en presencia de calor, llamas, chispas y electricidad estática. Los vapores pueden desplazarse hasta fuentes remotas de ignición e inflamarse. Los contenedores pueden explotar con el calor del fuego. Peligro de explosión de vapores en interiores, exteriores y en conductos. Vertido a drenajes o alcantarillas puede inflamarse y explotar.

Equipos de protección: Prendas para lucha contra incendios resistentes al calor. Cuando exista alta concentración de vapores o humos utilizar aparato de respiración autónoma.



6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

<p>Precauciones para el medio ambiente: Evitar los vertidos al alcantarillado y cauces públicos.</p>	<p>Precauciones personales: Evitar el contacto con el líquido y la inhalación de vapores del producto.</p>
<p>Detoxificación y limpieza: Eliminar todas las fuentes de ignición; evitar chispas, llamas o fumar en la zona de derrame. El agua pulverizada puede reducir los vapores. Absorber el material vertido en arena seca u otro material inerte y depositarlo en contenedores cerrados para su posterior eliminación.</p>	<p>Protección personal: En presencia de vapores, usar máscara de protección respiratoria. Gafas de seguridad, guantes impermeables u otras prendas protectoras para evitar el contacto con el producto.</p>



7.MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

Precauciones generales:

Utilizar ropa de protección adecuada y gafas de seguridad para prevenir el contacto con la piel y los ojos y protección respiratoria para evitar la exposición por inhalación. En las áreas de manejo, uso o almacenamiento del producto, mantener alejadas las posibles fuentes de ignición y no fumar. El trasvase de productos se debe hacer mediante conexiones estancas y conectadas a tierra. Utilizar equipos correctamente conectados a tierra y herramientas antideflagrantes.

El material puede acumular cargas estáticas que pueden causar una chispa eléctrica (fuente de ignición). Cuando el material se maneja a granel, una chispa eléctrica puede encender los vapores de líquidos inflamables o residuos que puedan estar presentes (por ejemplo, durante las operaciones de trasvase de carga). Use procedimientos adecuados para conexión a tierra. Sin embargo, las conexiones a tierra pueden no eliminar el peligro de la acumulación de estática. Coloque el recipiente a tierra durante el llenado y mantenga contacto con el mismo. No utilice equipos electrónicos en proximidades de las áreas de llenado, excepto que los mismos estén debidamente certificados como seguros. Consulte las normas locales aplicables para orientación: Instituto Americano del Petróleo 2003, o National Fire Protection Agency 77, o CENELEC CLC / TR 50404.

Condiciones específicas: Sistema de ventilación local eficiente.

Uso Específico: Síntesis química. Disolvente industrial.

Almacenamiento:

Temperatura y productos de descomposición: A altas temperaturas el producto se descompone produciendo humos tóxicos e irritantes.

Reacciones peligrosas: Reacciona explosivamente con cloroformo+metóxido de sodio. Reacciona violentamente con materiales oxidantes, cloroformo+hidróxido de sodio o potasio,

Condiciones de almacenamiento: Recipientes correctamente cerrados y etiquetados. Almacenar en lugares frescos y bien ventilados, alejado de oxidantes, materiales incompatibles y fuentes de ignición. No fumar en la zona de almacenamiento.

Materiales incompatibles: Materiales oxidantes. Evitar el contacto con acetaldehído, óxido de etileno, isocianatos y metales activos.



8.CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Equipos de protección personal:

Protección ocular: Gafas de seguridad o protección facial para evitar salpicaduras.

Protección respiratoria: En presencia de altas concentraciones de vapores, usar máscara de protección respiratoria.

Protección cutánea: Guantes, ropa y calzado apropiado.

Otras protecciones: Sistema lava-ojos y duchas en el lugar de trabajo.

Precauciones generales: Ventilación local adecuada. Evitar cualquier fuente de ignición, altas temperaturas, chispas, llamas, electricidad estática. Evitar el contacto con la piel o los ojos y la inhalación de vapores.

Prácticas higiénicas en el trabajo: No fumar, comer o beber en zonas de manipulación o almacenamiento del producto. Seguir las medidas de cuidado e higiene de la piel, lavando con agua y jabón frecuentemente y aplicando cremas protectoras.



9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto: Líquido. pH: 7 (Neutro)
Color: Incoloro. Olor: Alcohólico.

Punto de ebullición: 64.5 °C (148.1 °F)	Punto de fusión/congelación: -97.8 °C (-144°F)
Punto de inflamación/Inflamabilidad: 12.2 °C (53.96 °F)	Autoinflamabilidad: 464 °C (867 °F)
Propiedades explosivas: Límite inferior explosivo: 6% Límite superior explosivo: 36.5% No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.	Propiedades comburentes: De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.
Presión de vapor: 97.68 mm Hg a 20°C	Densidad: 0.792 g/cm ³ típico a 20 °C
Tensión superficial: 22.61 mN/m a 20 °C	Viscosidad: baja
Densidad de vapor: 1.11 (aire: 1)	Coef. reparto (n-octanol/agua): log K octanol/agua : -0.77
Hidrosolubilidad: Miscible.	Solubilidad: Etanol, éter, benceno, cetonas y en la mayoría de los disolventes orgánicos.

Otros datos: Peso molecular: 32.04 g/mol
Calor de vaporización: 39.2 KJ/mol
Conductividad Eléctrica: >2.000 pS/m (Valor Típico: >1.000 pS/m)



10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Material estable a temperatura ambiente.	Condiciones a evitar: Altas temperaturas, llamas o chispas. El metanol puede ser corrosivo para plomo y aluminio y atacar a algunos plásticos y cauchos.
Incompatibilidad: Materiales oxidantes. Evitar el contacto con acetaldehído, óxido de etileno, isocianatos y metales activos.	
Productos de combustión/descomposición peligrosos: La descomposición térmica produce humos tóxicos e irritantes. Productos de combustión: CO ₂ y CO (en combustión incompleta), formaldehído y metanol no quemado.	
Riesgo de polimerización: No se espera polimerización peligrosa.	Condiciones a evitar: El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Vías de entrada: Inhalación de vapores o nieblas. Contacto con piel y ojos. Ingestión accidental.
Efectos agudos y crónicos: Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. Puede causar dolor de cabeza, mareos, náuseas, debilidad, visión borrosa, ceguera, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.
Carcinogenicidad: NP
Toxicidad para la reproducción: No hay datos disponibles.
Condiciones médicas agravadas por la exposición: Problemas oculares y afecciones dermatológicas. Repetidas sobre exposiciones pueden agravar enfermedades hepáticas o renales.



12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Forma y potencial contaminante:

Persistencia y degradabilidad: Liberado en la atmósfera, se degrada, con una vida media de 17 días; también puede eliminarse mediante la lluvia. Vertido en el agua o en el suelo, se biodegrada rápidamente; puede lixiviar a través del suelo, aunque, este proceso pierde importancia debido a la rapidez de la biodegradación. La evaporación en suelos secos puede ocurrir, no siendo significativa en suelos húmedos.

Movilidad/Bioacumulación: Se estima un factor de bioconcentración <1 , por lo que no presenta problemas de acumulación en organismos vivos. El producto es soluble en el agua y, dado su coeficiente de partición octanol/agua, se espera que tenga una alta movilidad en suelos. La bioconcentración y adsorción en sedimentos no son significativas.

Efecto sobre el medio ambiente: No hay datos disponibles.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Métodos de eliminación de la sustancia (excedentes): Reciclar el material siempre que sea posible.

Residuos: Líquidos y sólidos de procesos industriales.

Eliminación: Disolver o mezclar el material con un disolvente combustible y quemarlo en un incinerador químico equipado con un depurador de humos.

Manipulación: Contenedores correctamente sellados y etiquetados.

Disposiciones: Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir las disposiciones existentes relativas a la gestión de residuos u otras disposiciones municipales, provinciales y/o nacionales en vigor.



3.8 Clientes y competencia de productos y materia primas

Clientes del producto

Las empresas que van a comprar nuestro producto van a ser tres; Ecolap, Diransa, e Ipel Itibanyl.

Ecolap se compromete a comprar el 40% de toda la producción de formaldehído, al igual que la empresa Diransa. El 20% restante se compromete a comprarlo la empresa Ipel Itibanyl.

Las tres empresas se comprometen a comprar la producción de formaldehído por un periodo de 10 años.

Competencia del producto

Teniendo en cuenta que se ha llegado a un acuerdo con el ministerio de la producción, que gravará la importación de formaldehído para fomentar la industria nacional, se llega a la conclusión que en los próximos 10 años no tendremos competencia en el mercado.

Competencia por materia prima

Existen varias empresas que utilizan el metanol como materia prima; y la única empresa que lo produce en Argentina es YPF.

El metanol se utiliza como:

- Disolvente en la síntesis de fármacos, pinturas y plásticos.
- Materia prima para la obtención de nuevos compuestos.
- Fabricación de anticongelantes y combustibles.
- Empleo para la producción de tintes, resinas y adhesivos.
- Empleado como combustible.



Mediante la firma de un contrato con YPF se garantizará el abastecimiento requerido de metanol para la producción de formaldehído por un periodo de 10 años.

3.9 Variables macroeconómicas

En los siguientes gráficos se representan datos históricos hasta el año 2021, y la tendencia estimada hasta el año 2027, que es el inicio del proyecto.

Producto bruto interno

Los datos hasta el año 2021 fueron obtenidos del banco mundial, y a partir de los mismos se realizó la línea de tendencia hasta el año 2027. Esta variable está relacionada con el riesgo país, y se va a tener en cuenta para evaluar la viabilidad económica del proyecto.

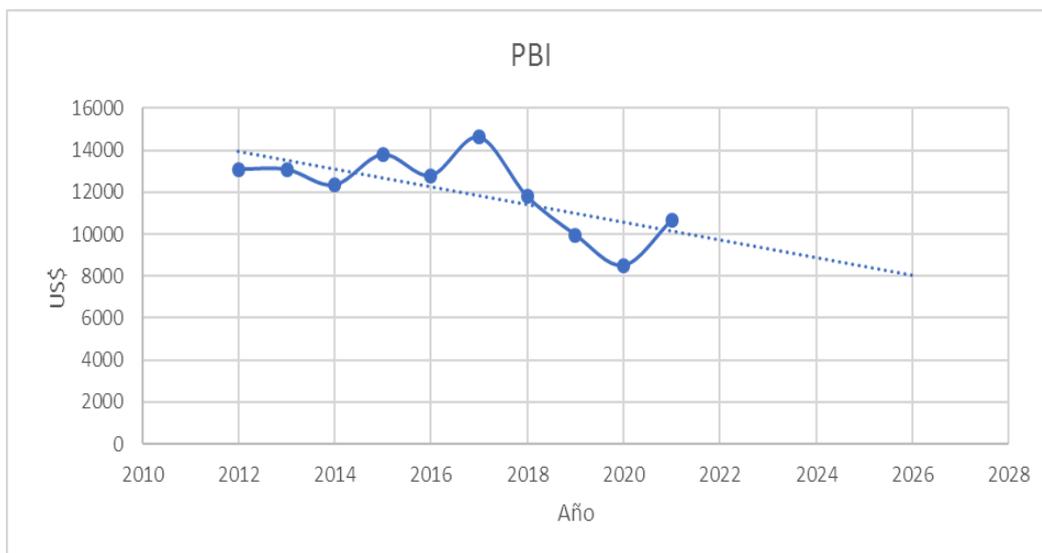


Figura: Gráfico de evolución del PBI per cápita.

Fuente: Banco mundial



Tipo de cambio

Para estimar el costo del proyecto se debe tener en cuenta cómo va a evolucionar el tipo de cambio entre pesos Argentinos y dólares estadounidenses.

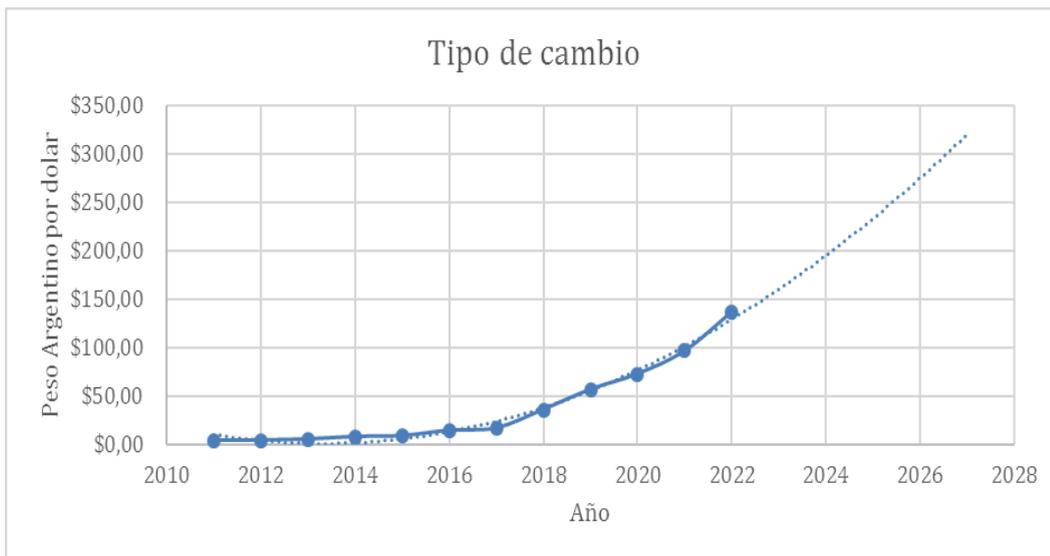


Figura: Evolución del precio del dólar.

Fuente: Banco de la nación argentina



Tasa de inflación:

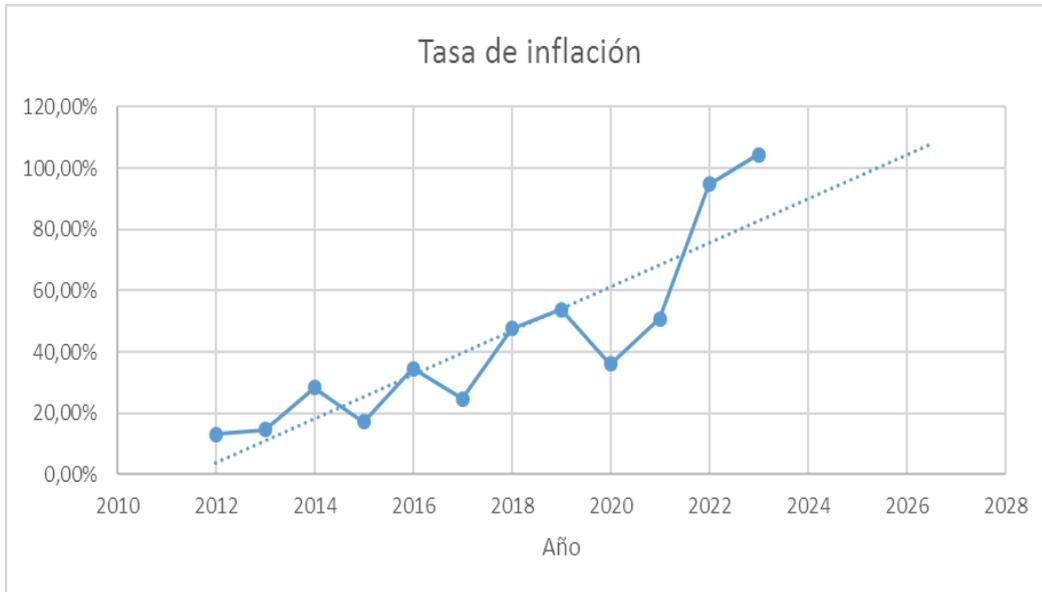


Figura: Tasa de inflación.

Fuente: Banco Central de la República Argentina



Tasa de interés en dólares

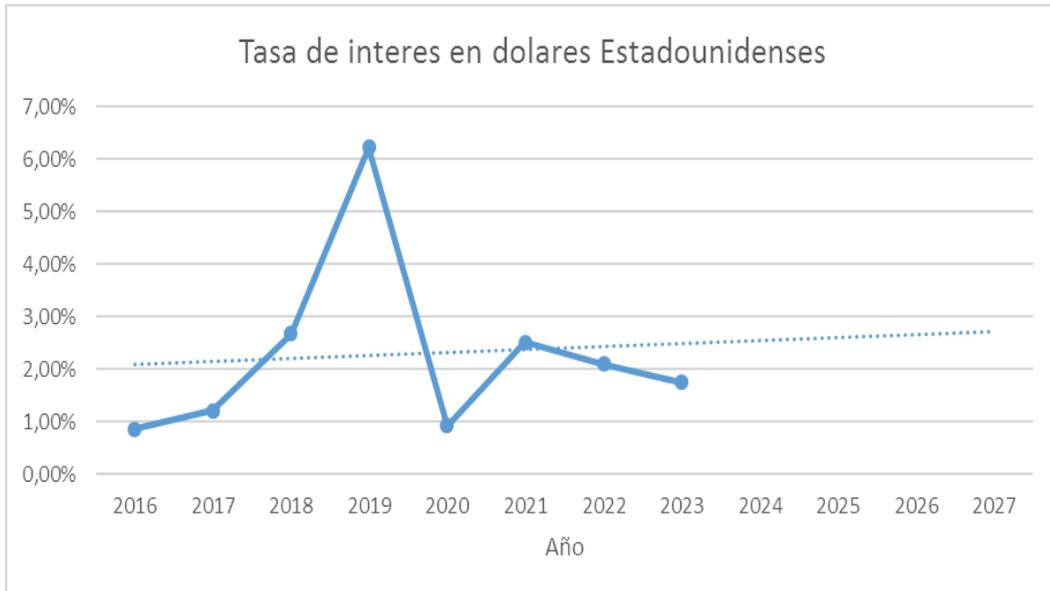


Figura: Tasa de interés en dólares Estadounidenses.

Fuente: Banco Central de la República Argentina.



Tasa de interés en pesos Argentinos

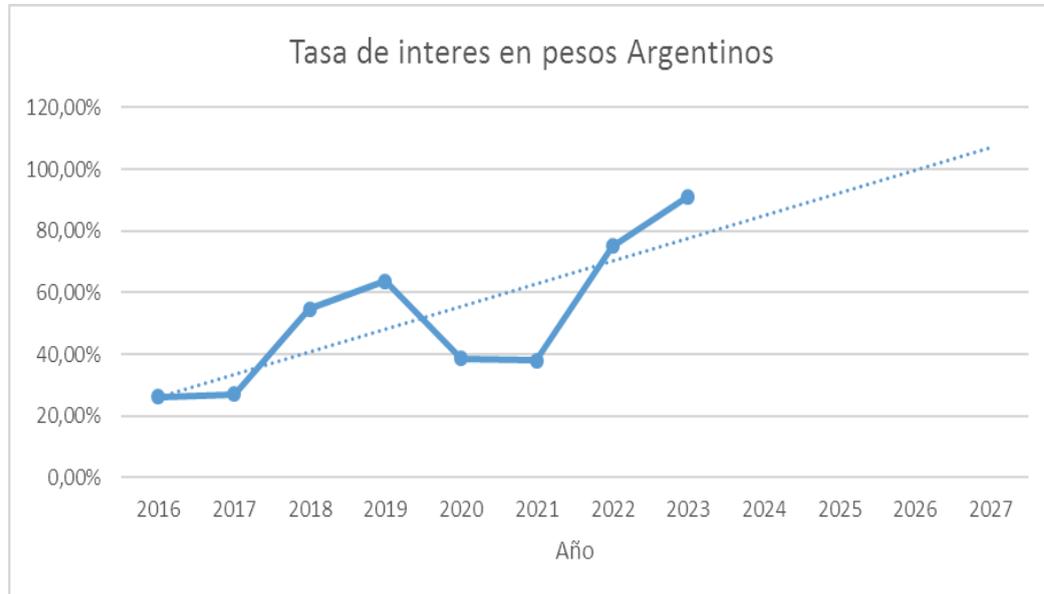


Figura: Tasa de interés en pesos Argentinos.

Fuente: Banco Central de la República Argentina.

En los últimos tiempos, hemos sido testigos de importantes fluctuaciones en los valores macroeconómicos. Esta situación, que ha sido influenciada por diferentes factores, ha llevado a que cualquier tipo de inversión que se realice presente un riesgo financiero significativo.

El riesgo en las inversiones es una realidad constante que siempre debe ser considerada y evaluada cuidadosamente. Sin embargo, con la volatilidad actual de los valores macroeconómicos, el nivel de incertidumbre ha aumentado significativamente. Las fluctuaciones pueden ser más bruscas y frecuentes de lo que se podría esperar en una situación económica más estable.

Es importante tener en cuenta que las fluctuaciones macroeconómicas pueden tener un impacto directo en la rentabilidad de las inversiones y en el capital invertido, por lo que una buena estrategia de diversificación y una gestión adecuada de riesgos son fundamentales para minimizar los riesgos asociados y así lograr obtener buenos resultados en el largo plazo.



4. UBICACIÓN DE LA PLANTA

Se realizará el estudio para la localización de un proyecto analizando distintas alternativas de ubicación espacial del mismo. Se estudiarán diferentes lugares donde será posible su ubicación y se seleccionará aquel lugar que tenga los costos más bajos y ofrezca mejores beneficios, a fin de obtener la máxima ganancia posible.

4.1 Macrolocalización.

Factores primarios y específicos usados

En esta oportunidad, desarrollaremos todos los factores a fin de obtener una mejor aproximación de su mejor ubicación y tamaño:

- Disponibilidad de materia prima: Es un factor crucial en la determinación del tamaño y la ubicación de una planta. Es necesario examinar la oferta actual y futura de los insumos más importantes, a corto y largo plazo, para determinar su disponibilidad. También es importante considerar la opción de utilizar materiales sustitutos en caso de que sea viable. Para garantizar la viabilidad del proyecto, es esencial contar con un suministro confiable de materias primas en todo momento. Además, la distancia a las fuentes de materias primas, los canales de distribución y los costos asociados deben ser evaluados cuidadosamente. Tomar en cuenta estos aspectos asegura la viabilidad del proyecto y permite definir su tamaño con certeza.
- Zona de consumo: En este contexto se analiza la competitividad relativa de los distintos segmentos de mercado, considerando especialmente la distancia que se debe recorrer para comercializar el producto. Al final, se presentará una estimación



sobre si el mercado que consume el producto se expandirá o contraerá.

- Provisión de energía: se aborda el examen de las fuentes primordiales de insumos.. Adicionalmente, se lleva a cabo una evaluación de las reservas futuras de estos elementos y los gastos correspondientes.
- Disponibilidad de agua: se detalla su acceso, calidad y la excelencia del suministro que el proveedor se compromete a proporcionar.
- Mano de obra calificada en la zona.
- Los elementos climáticos, como la temperatura del aire, la humedad, la precipitación y la velocidad del viento, son aspectos a considerar. También es importante tener en cuenta las variables extremas y excepcionales. Además, la topografía del terreno influye en el análisis, por lo que es necesario estudiar los suelos, la sismicidad y la resistencia de los estratos subyacentes. Todos estos factores deben ser tomados en cuenta en la evaluación.
- Aspectos positivos que presenta de manera exclusiva la ubicación elegida.
- Relevancia de la empresa en la zona seleccionada.



Análisis Inicial

La evaluación del sitio más adecuado para la ubicación de una planta industrial en el territorio nacional se conoce como macrolocalización. En primer lugar, se identificarán geográficamente las áreas con mayor potencial para la instalación de la planta. Para ello, se marcarán en mapas de la República Argentina las zonas que cuenten con una refinera de petróleo que produzcan y comercialicen metanol y su lugar de almacenamiento.



Localización de las Refinerías de Petróleo YPF

Figura: Refinerías de petróleo YPF

Fuente: Presentación oficial YPF

Desde el año 2001 YPF S.A (Repsol -YPF en aquel momento), puso en marcha su planta de producción de Metanol ubicada en Plaza Huincul, Neuquén con una capacidad de producción de 400.000 toneladas al año. La compañía



realiza además el transporte de Metanol por ruta en camiones, desde la planta de Plaza Huincul hasta Ensenada (La Plata – Pcia. de Bs As).

Por lo tanto, se procedió a seleccionar a la Provincia de Buenos Aires, teniendo en cuenta que es donde se ubican la mayor parte de nuestros potenciales clientes, como provincia para instalar la planta. De este método preliminar quedan las siguientes zonas a analizar: Campana, Ensenada, Pilar.

El siguiente paso implica una evaluación minuciosa de los demás factores mencionados en relación a esta zona, con el fin de obtener una segunda selección mediante un enfoque de puntuaciones ponderadas que permita definir la ubicación final de la planta.

Factores primarios

Los aspectos que deben tener una importancia y efecto inmediato en el análisis de la ubicación de la fábrica son los que se conocen como factores primarios. Estos factores clave se describirán en detalle y son una continuación de los ya abordados en la sección 5.1, pero aplicados al análisis de macroubicación realizado:

Disponibilidad de metanol: Tal como mencionamos anteriormente, el metanol es el componente más importante y fundamental para la producción del producto final. Por lo tanto, es crucial considerar la distancia entre el proveedor y la fábrica, ya que la adquisición de este insumo es un proceso recurrente. Además, la distribución del producto no solo implica costos, sino también riesgos de escasez debido a imprevistos durante el envío. Por lo tanto, establecer la fábrica cerca del proveedor no solo reduce los costos y riesgos, sino que también mejora la capacidad de respuesta de la empresa.



Distancia al cliente: Se analizará la distancia a los clientes a los cuales será provisto el producto final. Evaluando las rutas de acceso a cada uno y el costo logístico asociado como así también los riesgos de transporte de formaldehído, considerado sustancia peligrosa.

Disponibilidad de servicios: Para llevar a cabo el proyecto, resulta fundamental disponer de servicios esenciales como accesos, suministro eléctrico, gas natural y desagües, entre otros. Estos servicios adquieren gran relevancia durante la operación de la planta, razón por la cual se han considerado como criterios de selección previa para evaluar los distintos sitios de ubicación.

Disponibilidad de mano de obra: debe considerarse como factor clave la capacitación de la población de la zona, siendo necesario que estén capacitadas para industria petroquímica.

Ventajas provistas tanto municipales como provinciales.

Disponibilidad de metanol

Evaluaremos dicho punto entre las zonas de Ensenada, Pilar y Campana, ubicadas en la provincia de Buenos Aires.

Como se indicó con anterioridad desde YPF, puso en marcha su planta de producción de Metanol ubicada en Plaza Huincul, Neuquén con una capacidad de producción de 400.000 toneladas al año. Éste emprendimiento, que significó una inversión de 160 millones de dólares, fue desarrollado por el consorcio Lurgi-Techint a través de la modalidad llave en mano. La planta se originó a partir de la disponibilidad de la compañía de gas natural –materia prima del metanol– en la provincia del Neuquén, con el objetivo de abastecer el mercado local, el consumo interno de Repsol YPF y exportar los excedentes que representan más del 80% de la capacidad nominal.

Por otro lado, la compañía realiza además el transporte de Metanol por ruta en camiones, desde la planta de Plaza Huincul hasta Ensenada (La Plata – Pcia.



de Bs As). El almacenamiento del mismo se realiza en el CIE (Complejo Industrial de Ensenada), permitiendo el abastecimiento de dicha materia prima a las empresas ubicadas en la provincia de Buenos Aires, pudiendo exportar desde el Puerto de la Plata.

Distancia al cliente

Un punto muy importante a considerar a la hora de elegir la zona para instalar la planta es la distancia que tendrá a nuestros potenciales clientes.

El formaldehído incluye una amplia gama de aplicaciones en variados sectores. La combinación de formaldehído con diferentes compuestos da como resultado diferentes productos, como resinas de urea, fenol y melamina-formaldehído (resinas UF, PF y MF), resinas de poliactal, pentaeritritol, metileno bis (4-fenilisocianato) (MDI), 1,4-butanodiol (BDO) y hexametilentetramina (HMTA).

En el siguiente mapa se marca la zona donde se ubican los principales consumidores (Ecolab, Diransa, Ipel Itibanyl):



Figura: zona empresas importadoras de formaldehído para su producción

Fuente: Mapa de elaboración propia con datos obtenidos del Tarifario 2018-2023



Disponibilidad de mano de obra calificada

En el territorio nacional, hay diversas zonas que se dedican a la producción de productos químicos derivados del petróleo, y su grado de actividad industrial varía. Para medir este nivel de actividad, se puede analizar la capacidad instalada de las refinerías que operan en dichas áreas. En esas zonas encontraremos la mayor concentración de mano de obra calificada para el rubro, con condiciones para desempeñarse en la planta Productora de Formaldehído a partir de Metanol. De las compañías presentes en el mercado refinador, YPF, Shell y Axion son las más importantes. En particular, YPF es líder con una participación del 60%, seguida por Shell con el 15% y Axion con el 14%.



Figura: Zona de polos petroquímicos de Argentina.

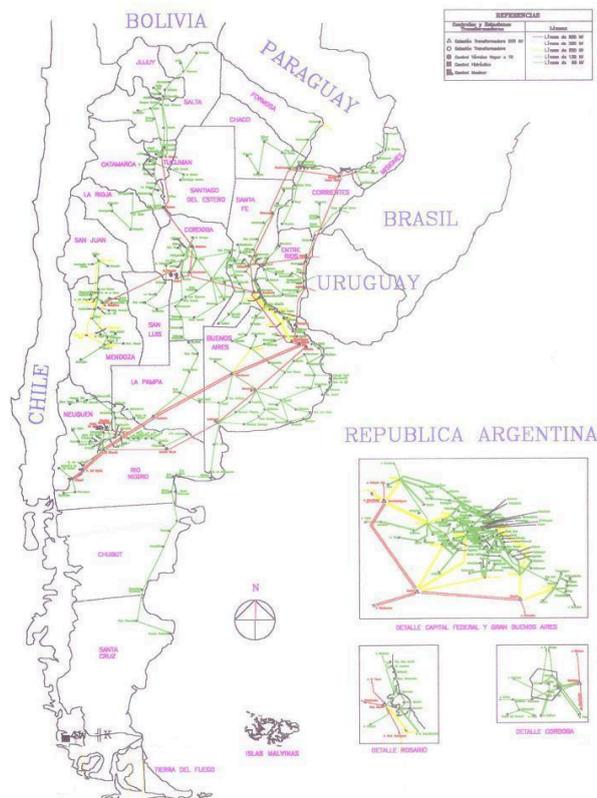
Fuente: ECyT-ar, 2015



Suministro de gas, agua y energía eléctrica

Realizar un análisis de la distribución de energía eléctrica, gas y agua es fundamental para terminar de decidir la macrolocalización de la plata.

En los siguientes mapas se detalla lo mencionado para la República Argentina:



RED DE SISTEMA DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA DE MEDIA Y ALTA TENSION PARA LA REPUBLICA ARGENTINA
Fuente: Empresa S.E.C.H.E.E.P. (Servicios Eléctricos del Chaco Empresa del Estado Provincial)

Figura: Distribución de energía eléctrica Argentina.
Fuente: Publicación Aurelia Labaronnie - 2011



Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

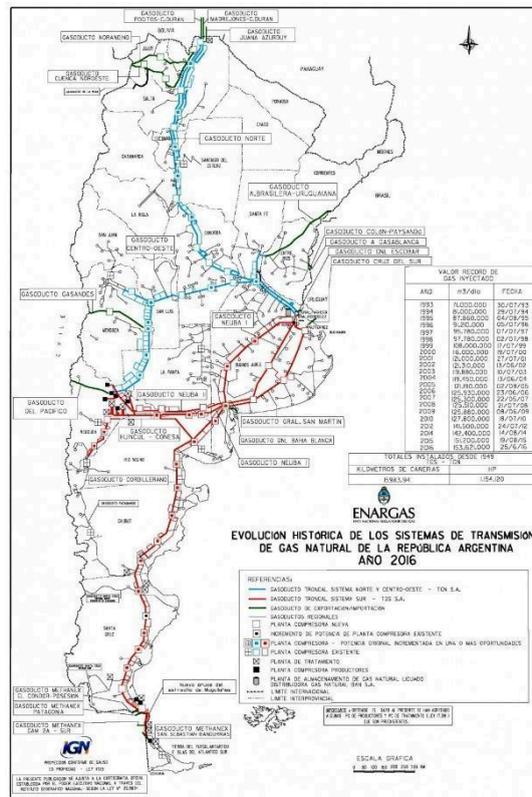


Figura: Gasoductos de Argentina. 2016.

Fuente: ECYT-AR

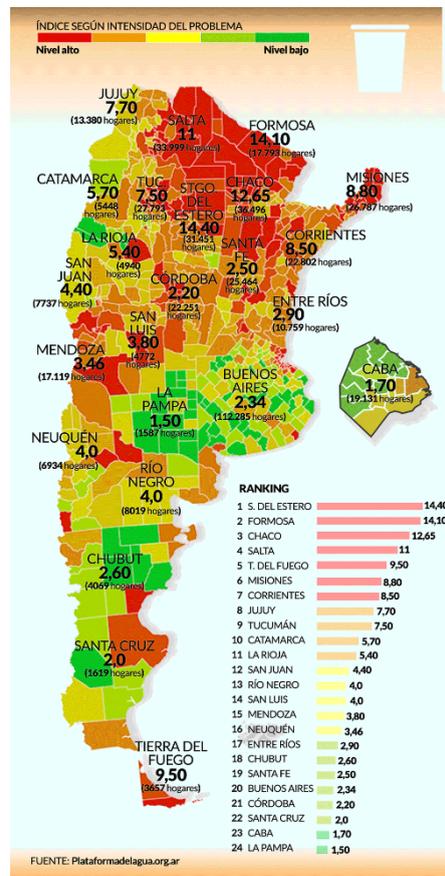


Figura: Distribución de agua potable Argentina.

Fuente: Plataformadelagua.gob.ar

Como podemos observar en la Provincia de Buenos Aires se cuenta con un favorable abastecimiento, sobre todo en la zona Norte de la provincia, de agua, electricidad y gas. Con lo cual en cualquiera de las zonas mencionadas, Campana, Pilar y Ensenada contaremos con un buen suministro de las mismas, siendo éste fundamental para operar la planta.

Ventajas provistas en la zona de alojamiento.

En relación a esta sección, se puede inferir que hay notables beneficios en cada área industrial, lo cual favorece la elección de la ubicación de la fábrica en diferentes sitios de diversas maneras.

En la tabla siguiente se presentan las principales medidas relacionadas con la instalación de industrias que son favorables. Cada una se establece de acuerdo a la zona específica del país:



Campana - Buenos Aires	Hasta 10 años de exención de pago de impuestos brutos e inmobiliarios básicos. Exención de pago de tasas, derechos e impuestos municipales. Monitoreo de efluentes. Banda forestal implementa proyectos para grandes, medianas y pequeñas industrias o logísticas. (Ley N°10.547). Formulario de radicación industrial (química y petroquímica) Decreto 2261/76
Ensenada - Buenos Aires	Se da prioridad al asentamiento de industrias petroleras/petroquímicas. (Ley N°10.547)
Pilar - Buenos Aires	Hasta 10 años de excepción de pago de impuestos de ingresos brutos e inmobiliarios básicos.

Figura.: Leyes principales relacionadas a la industria.

Fuente: Elaboración propia

Método de comparación y conclusión.

Una vez que se han seleccionado las áreas viables para instalar la planta, se emplea el método de las puntuaciones ponderadas, el cual toma en cuenta los factores principales previamente mencionados y detallados. Este método utiliza un análisis de puntuación de las variables críticas para determinar la zona específica donde se llevarán a cabo las actividades de la planta y su entorno circundante.

Se darán puntuaciones a los factores primarios según su impacto en el proyecto:



Factores Principales	Relevancia en el Proyecto
1-Disponibilidad de Metanol	0.35
2-Distancia al cliente	0.20
3-Mano de obra capacitada	0.15
4-Accesos y transporte	0.1
5-Suministro de agua, electricidad y agua	0.1
6-Ventajas zona industrias	0.1

Figura 4.15. Relevancia en el proyecto de los factores principales.

Fuente: Elaboración propia

Ahora, se otorgará una calificación del 1 al 10 según las zonas que fueron analizadas.

Luego daremos una ponderación final en relación a cada factor y así obtendremos una calificación final para tomar una decisión respecto a la macrolocalización.



Factor	Campana		Ensenada		Pilar	
	Calificación por factor	Ponderación final	Calificación por factor	Ponderación final	Calificación por factor	Ponderación final
1	7	2,45	10	3,5	7	2,45
2	8	1,6	7	1,4	8	1,6
3	7	1,05	8	1,2	7	1,05
4	8	0,8	9	0,9	8	0,8
5	8	0,8	8	0,8	8	0,8
6	9	0,9	9	0,9	9	0,9
Total		7,6		8,7		7,6

Figura: Puntuaciones por ubicación-Método de las puntuaciones ponderadas.

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos podemos observar que la Ciudad de Ensenada será la zona donde se ubicará la planta de obtención de formaldehído a partir de metanol.



4.2 Microlocalización

Análisis de factores y comparación

A partir de realizada la macrolocalización seleccionando a Ensenada como ciudad para instalar la planta, se procede a realizar la microlocalización donde determinaremos el punto preciso donde se encontrará la planta industrial dentro de dicha región.

El Partido de Ensenada se encuentra ubicado en la región noreste de la Provincia de Buenos Aires, a unos 65 km de la Capital Federal. Es un área integrada al eje metropolitano y limita con Berazategui, La Plata y Berisso. En conjunto con estos últimos, conforma la Región Capital o Región del Gran La Plata, y comparte la jurisdicción del Puerto Provincial de La Plata con Berisso. Ensenada se caracteriza por tener una cantidad reducida de establecimientos e industrias, pero su valor bruto industrial es significativo. Esta particularidad se debe a que el sector industrial del partido está principalmente relacionado con la presencia de un importante polo petroquímico.

Contamos con dos ubicaciones que podrían ser acertadas para la instalación de la planta: El Parque Industrial Ensenada (Ex IPA KO) y el Consorcio Industrial de Ensenada, se detalla en los mapas a continuación la ubicación de cada uno:

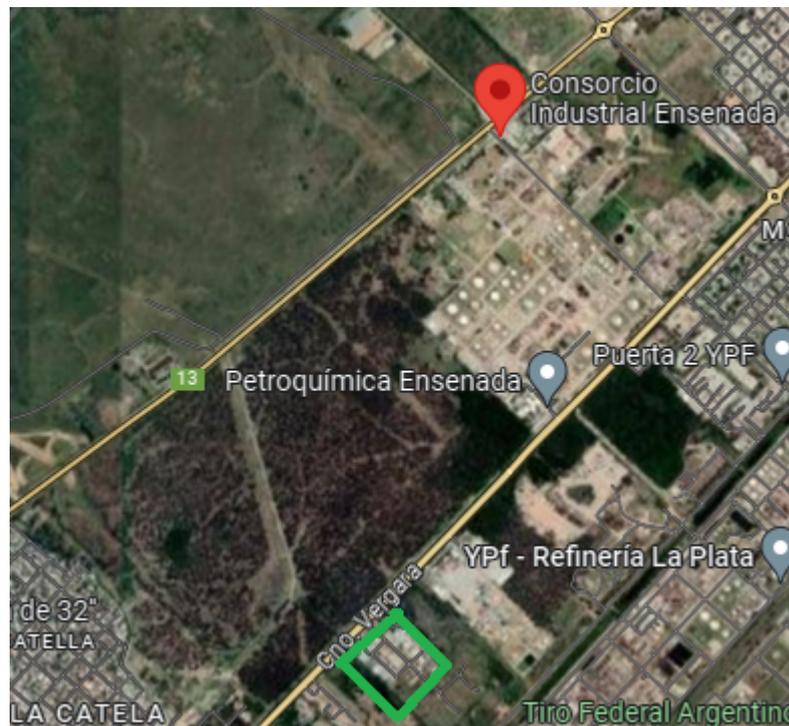


Figura: Ubicación Parque Industrial Ensenada (Ex IPAKO)

Fuente: GoogleMaps



Figura: Ubicación lotes Consorcio Industrial Ensenada.

Fuente: GoogleMaps



4.2.1 Conclusión

Como explicamos en el punto 4.1.2, un dato fundamental a tener en cuenta es que YPF realiza el transporte de Metanol por ruta en camiones, desde la planta de Plaza Huincul hasta Ensenada (La Plata – Pcia. de Bs As). El almacenamiento del mismo se realiza en el CIE (Complejo Industrial de Ensenada) de Y.P.F., más específicamente en los tanques de la planta de PAO.

Este lugar, se encuentra frente a los lotes disponibles cruzando Camino Rivadavia del CIE, lo cual nos da una ubicación privilegiada. Esto nos ahorraría costos, tiempo y riesgo logístico.

Teniendo en cuenta este punto fundamental, se llega a la determinación de ubicar la planta de Formaldehído en dichos lotes.

4.3 Detalle de ubicación final

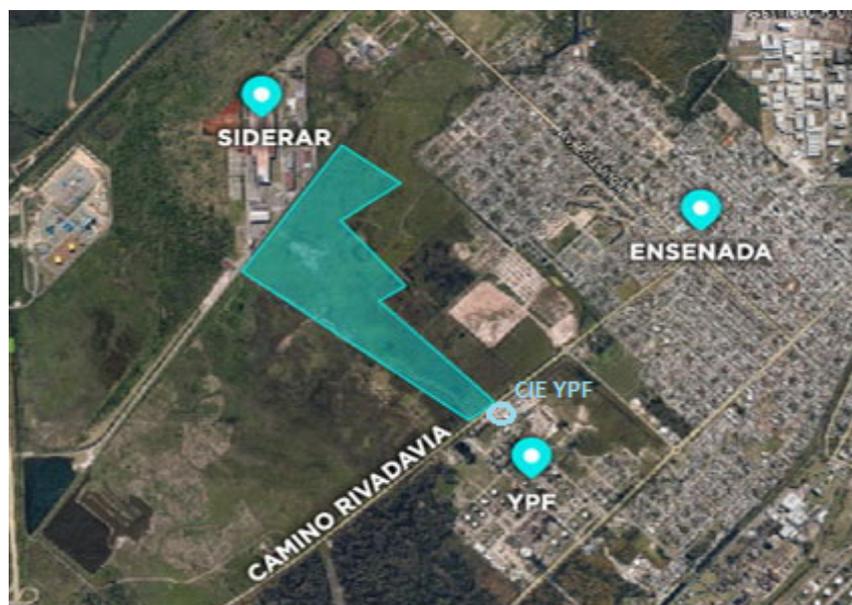


Figura: Ubicación lotes Consorcio Industrial Ensenada y CIE YPF.

Fuente: GoogleMaps



El Consorcio Industrial Ensenada se encuentra sobre el Camino Rivadavia, a 1500 mts de la Avenida 122. Sobre un predio de 65 HAS, parcelas desde 3500 m².

El parque cuenta con:

- Energía eléctrica para uso industrial: la misma es abastecida por la empresa Edelap.
- Agua corriente: provista por ABSA.
- Gas natural: es seleccionada la empresa Camuzzi gas.
- Alumbrado público

Para lograr obtener la menor distancia a la materia prima, seleccionaremos el segundo lote ubicado en la entrada del parque industrial.

Lote N°2, con una superficie de 6337 m² aproximados, estratégicamente ubicado sobre una de las calles de acceso al predio.

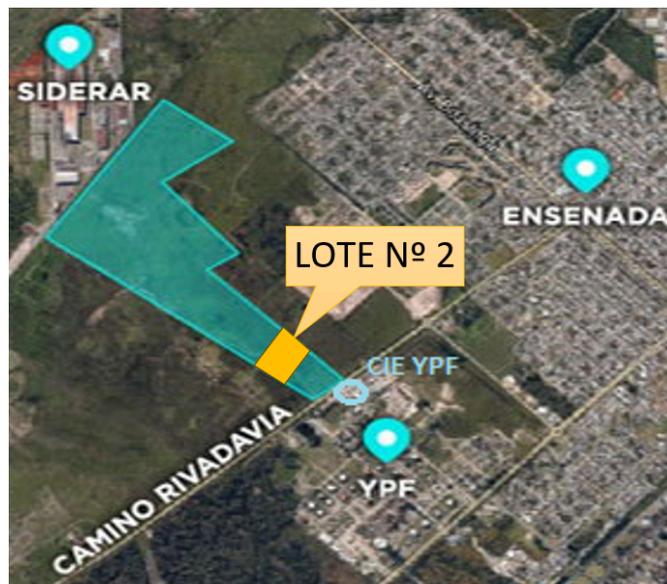


Figura. Lote 40, seleccionado para la ubicación exacta de la planta.

Fuente: Googlemaps



4.4 Estudio requisitos legales

Se detalla a continuación las cuestiones legales a tomar en cuenta para la planta industrial ubicada en Ensenada:

Leyes/Decretos/Normas	Concepto	Tipo
Ley 5.965	Protección de los cuerpos receptores: Obligación de tratamiento de efluentes	Nacional
Ley 11.459 (modificada por 15.107)	Certificado de Aptitud Ambiental: tipo de industria, ubicación, posibles consecuencias de flora y fauna Declaración de impacto Ambiental (emitido por autoridad competente). Y evaluación de impacto ambiental (emitido por la empresa)	Nacional
Ley 11.723	Ley general del medio ambiente y los recursos naturales.	Nacional
Ley 14.343 (mod ley 15.117)	Identificación de los pasivos ambientales, definidos como deuda que posee la empresa para recomponer o mitigar el impacto ambiental.	Nacional Nacional
Ley 14.370	Registros de establecimientos industriales	Nacional
Ley 25.675	Ley ambiental genera: - Registro de empresa en caso que se utilice cuenca hídrica. -Emisiones a la atmósfera. -Impacto de los residuos y la contaminación del suelo. -Hacer bien uso de la energía.	Nacional
Ley 25.688	gestión ambiental de aguas.	Nacional
Resolución N°195/07	Transporte de sustancias peligrosas	Nacional
Decretos 531 y 1.074	Profundizan cuestiones acerca del Certificado de Aptitud Ambiental y afluentes gaseosos	Provincia de Buenos Aires
Ley 13.656 (mod por el decreto 503)	Promoción industrial	Provincia de Buenos Aires



Ley 13.744	Creación de agrupamientos industriales	Provincia de Buenos Aires
Resolución N° 336/03	Especificaciones de efluentes líquidos a cuerpos acuosos	Provincia de Buenos Aires
Resolución N°159/96	Ruidos molestos	Provincia de Buenos Aires
Resolución N°445/18	Multas y sanciones por infracciones a la normativa ambiental	Provincia de Buenos Aires
Ley N° 23.922	Convenio sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación	Nacional
Ley N° 21.836	Convenio sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.	Nacional
Ley N.°23.724	Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.	Nacional
Ley N° 23.778	Protocolo de Montreal relativo a sustancias que agotan la capa de ozono.	Nacional
Ley N° 25.916/04: Ley de Gestión de Residuos Domiciliarios.	Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios, sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas.	Nacional
Artículo 41	Fomenta el desarrollo sustentable en todo el país, realizando actividades en pos de no comprometer las necesidades sociales futuras. "Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano...Deber de preservarlo... El daño ambiental genera la obligación de recomponer... Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas." Prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos momentánea o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.	Nacional



Artículo 75.- Inciso 19.	“Proveer lo conducente al desarrollo humano, al progreso económico con justicia social...”	Nacional
Artículo 124	Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.	Nacional
Artículo 42	“...procedimientos eficaces para la prevención y solución de conflictos, y los marcos regulatorios de los servicios públicos de competencia nacional.”	Nacional
Ley N° 20.284/73	Prevención y control de la contaminación atmosférica. Normas de Calidad de Aire y de los Niveles Máximos de Emisión. Fuentes fijas. Plan de Prevención de Situaciones Críticas.	Nacional
Ley N° 24.295	Aprobación de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático global.	Nacional
Ley N° 24.292	Aprueba el convenio internacional sobre cooperación, preparación, y lucha contra la contaminación por hidrocarburos.	Nacional
Ley N° 24.292	Aprueba el convenio internacional sobre cooperación, preparación, y lucha contra la contaminación por hidrocarburos.	Nacional
Ley N° 25.438	Aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático	Nacional
Ley N° 25.841	Acuerdo marco sobre medio ambiente del Mercosur, suscrito en Asunción	Nacional
Ley N° 13.660/49	Ley de Seguridad de Instalaciones de Combustibles.	Nacional
Ley N° 25.675/02: “Ley de	Fija presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad	Nacional



Política Ambiental Nacional”, o comúnmente conocida como Ley General del Ambiente	biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de la política ambiental. Obligación del Seguro Ambiental.“...la ley marco en materia de presupuestos mínimos de protección ambiental que el Congreso ha sancionado en virtud del mandato del tercer párrafo del artículo 41...”	
Ley N° 25.612/02 – Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicio	Establece principios de la mayor importancia respecto de la gestión integral de los residuos industriales y de actividades de servicio.	Nacional
Ley N 24.051/91 – Ley de residuos peligrosos	Regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. Define las Categorías sometidas a control, lista de características peligrosas y operaciones de eliminación.	Nacional
Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449/94 y su Decreto Reglamentario N.º 779/95	Regula el uso de la vía pública, y se aplican a la circulación de personas, animales y vehículos terrestres en la vía pública, y a las actividades vinculadas con el transporte, los vehículos, las personas, las concesiones viales, la estructura vial y el medio ambiente, en cuanto fueren con causa del tránsito. Quedan excluidos los ferrocarriles. Será ámbito de aplicación la jurisdicción federal. Podrán adherir a la presente ley los gobiernos provinciales y municipales. El decreto establece la reglamentación del Art. 33 de la Ley Nacional N° 24.449	Nacional
Resolución Secretaría de Obras Públicas y Transporte N.º 195/97	Incorpora normas técnicas al Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, aprobado por Decreto N° 779/95.	Nacional



Ley N.º 25.831/03 – Régimen de libre acceso a la información pública ambiental	El derecho a la información ambiental y su difusión surge del segundo párrafo del Art. 41 de la CN.	Nacional
Ley N° 22.428	Determina los recaudos del suelo como recurso.	Nacional
Ley N° 20.248	Determina los recaudos del aire como recurso.	Nacional
Ley N° 25.688/02: Ley de Preservación de Aguas.	Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Utilización de las aguas. Cuenca hídrica superficial. Comités de cuencas hídricas.	Nacional
Resolución N.º 785/05: Guía Metodológica para Programación y Control de Auditorías Ambientales	Define los requerimientos mínimos y establece los criterios metodológicos a seguir para la programación y ejecución de Inspecciones Ambientales de Tanques Aéreos de Almacenamiento de Hidrocarburos y sus Derivados (TAAH), conforme lo dispuesto por la Resolución S.E. N° 785/2005 que establece el “Programa Nacional de Control de pérdidas de tanques aéreos de almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados”.	Nacional
Resolución N° 905/06	Aprueba las normas técnicas referidas a los tanques cisterna, contenedores cisternas e iso-contenedores de más de tres metros cúbicos para el transporte por la vía pública de mercancías y residuos peligrosos. Crea el registro nacional de operadores de inspección de cisternas.	Nacional
Resolución N° 515/06	Crea programa para la gestión ambiental de sitios contaminados (PROSICO).	Nacional



Artículo 28 (1994)	Incorpora las bases del desarrollo sustentable en la provincia de Buenos Aires. “Los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras... La provincia deberá controlar el impacto ambiental de todas las actividades que perjudiquen al ecosistema; promover acciones que eviten la contaminación del aire, agua y suelo; prohibir el ingreso en el territorio de residuos tóxicos o radiactivos; y garantizar el derecho a solicitar y recibir la adecuada información y a participar en la defensa del ambiente, de los recursos naturales y culturales. Instituye el procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental.”	Provincia de Buenos Aires
Ley Provincial N.º 11.723/95 – Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y Resolución. N.º 538/99	Tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica. Instituye el procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental. Inculca la responsabilidad a los municipios en la gestión.	Provincia de Buenos Aires
Resolución N.º 2.145/01	Perfecciona la reglamentación de la Ley N.º 5.965/58. Establece las pautas para la caracterización de los efluentes gaseosos	Provincia de Buenos Aires
Ley Provincial N.º 8912/77 de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo	Rige el ordenamiento territorial de la provincia y uso de suelo, en todo el territorio provincial.	Provincia de Buenos Aires



Ley N° 13.757/07	Estructura Orgánica de la Secretaría de Política Ambiental.	Provincia de Buenos Aires
Ley de Residuos Patogénicos N° 11.347/92 y su Decreto Reglamentario N° 450/94	Establece los procedimientos para el tratamiento, manipuleo, transporte y disposición final de Residuos Patogénicos. El decreto reglamenta la Ley N° 11.347/92 de Residuos Patogénicos	Provincia de Buenos Aires
Ley N° 14.440/2013 - Ley de Radicación Industrial y Decreto Reglamentario 1.741/1996	Establece junto con su decreto reglamentario todas las pautas que deben cumplir los establecimientos industriales en la provincia, para su proyecto, instalación, operación y abandono. También trata sobre las condiciones que deberá respetar, de acuerdo con el nivel de complejidad ambiental que posea. El decreto establece los pasos a los efectos de obtener el Certificado de Aptitud Ambiental. También fija los procedimientos para la determinación del Nivel de Complejidad Ambiental, la Evaluación de Impacto Ambiental de establecimientos Industriales, y los procedimientos para obtener el Certificado de Aptitud Ambiental.	Provincia de Buenos Aires
Ley de Residuos Especiales N° 11.720/95 y su Decreto Reglamentario 806/97	Regula la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos especiales en el territorio de la provincia de Buenos Aires.	Provincia de Buenos Aires
Ley de gestión integral de residuos sólidos urbanos N° 13.592/06 y su Decreto Reglamentario N° 1.215/10	La ley, junto con el decreto correspondiente, aborda un plan destinado a la reducción de residuos dispuestos en sitios finales de disposición.	Provincia de Buenos Aires



Decreto N° 3.395/96 más Resoluciones SPA N° 276/96, N° 242/97, N° 167/97, N° 2.145/02, 937/02	Establece el régimen aplicable a los establecimientos industriales generadores de emisiones gaseosas.	Provincia de Buenos Aires
Resolución N° 159/96 de la Provincia de Buenos Aires	Aprueba el método de medición y clasificación de ruidos molestos al vecindario producidos por la actividad industrial, adoptados por la Norma IRAM No 4.062:2001.	Provincia de Buenos Aires
Resolución para residuos tóxicos N°1.532/06	Listado de residuos tóxicos cuya prohibición de ingreso al territorio de la Provincia se haya consagrada en el art. N 28 de la CN.	Provincia de Buenos Aires
Ley de Pasivos Ambientales N° 14.343/11	La ley crea el Registro de Pasivos Ambientales. Regula la identificación de los mismos y obliga a recomponer los sitios contaminados.	Provincia de Buenos Aires
Resolución N° 342/07	Transporte de Sustancias Químicas. Sistema de Fiscalización. Derogase Resolución 877/2006.	Provincia de Buenos Aires
Ley N° 14.370/12	Registro Ambiental de establecimientos industriales de la Provincia de Buenos Aires.	Provincia de Buenos Aires
Resolución OPDS N° 95/14	El OPDS ha reglamentado, en el marco de la Ley 14.343 de Pasivos Ambientales, el proceso técnico administrativo para la evaluación y caracterización de sitios contaminados, la aprobación del plan de remediación, la declaración de sitio remediado, y el programa de monitoreo posterior para seguimiento.	Provincia de Buenos Aires



Ord. N° 977/83, más Ordenanzas Complementa rias de zonificación sectorial	Uso y ocupación de suelo vigente en el partido.	Marco normativo del Partido de Ensenada
Ord. 1887/95 Ord. 1946/96 Ord. 2077/97 Ord. 2414/00 Ord. 2640/01 Ord. 1887/95	Sobre temas referidos a residuos/ efluentes/ emanaciones.	Marco normativo del Partido de Ensenada

Figura. Leyes nacionales, provinciales y ordenanzas municipales.

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Conclusión

Habiendo revisado todas las leyes nacionales, provinciales y ordenanzas municipales, no existen impedimentos legales que nos impidan radicarnos en éste lugar.

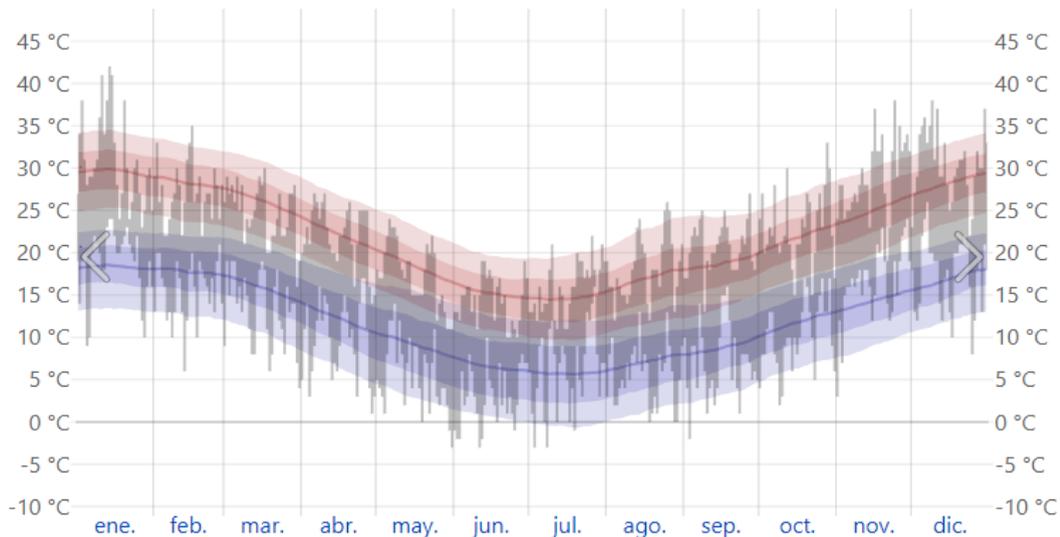


4.5 Estudios de clima

La ciudad de Ensenada tiene un clima cálido y templado, con veranos calientes, húmedos y lluviosos, e inviernos fríos y ventosos. A lo largo del año, la temperatura varía generalmente entre 10°C y 27°C, con pocas ocasiones en las que baja a menos de 0°C o sube a más de 40°C. La ciudad suele estar parcialmente nublada durante todo el año. Se puede tomar como valor de temperatura promedio de 29 °C para el diseño de equipos.

En cuanto a las precipitaciones, el valor anual promedio es de 1090 mm, siendo el verano (meses de enero, febrero y marzo) el periodo de mayor cantidad de precipitaciones, siendo el valor máximo registrado en abril de 2013, donde llovieron 292 mm en 4 horas. Éste último será el valor tomado para el diseño de los desagües y evitar la inundación de la planta.

La humedad relativa media es de 75%.



El intervalo diario de temperaturas reportadas (barras grises) y las máximas (marcas rojas) y mínimas (marcas azules) de 24 horas, colocadas arriba del promedio diario de la máxima (línea rojo claro) y de la mínima (línea azul claro), con las bandas de los percentiles 25 a 75 y 10 a 90.

Figura: Temperaturas promedio 2022 .

Fuente: Aeropuerto Internacional ministro Pistarini.

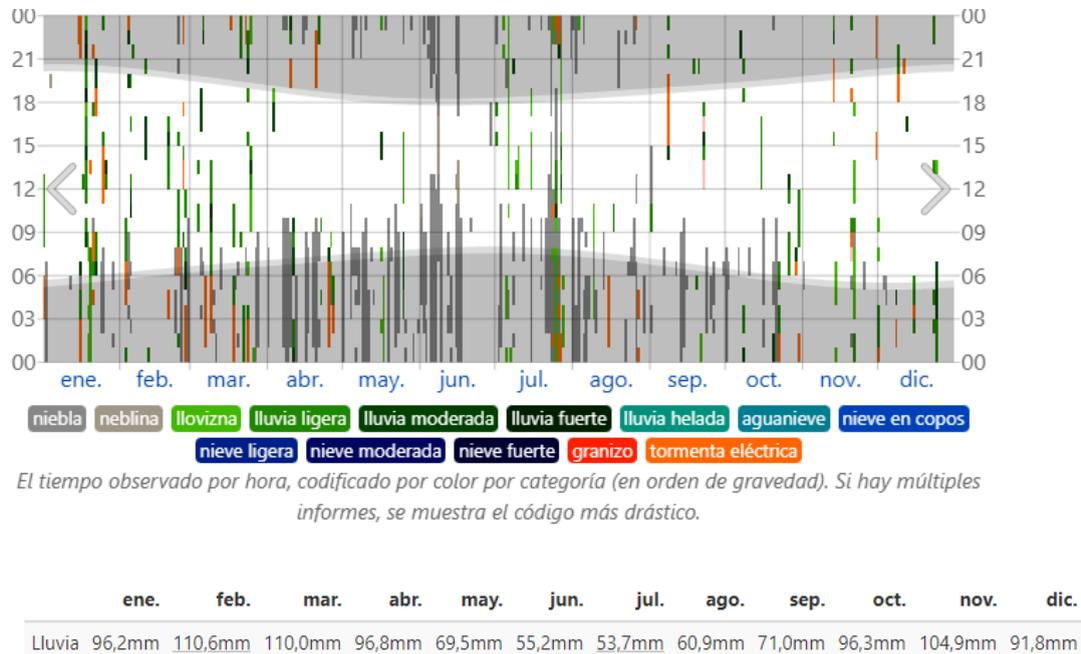


Figura. Lluvias promedio 2022.

Fuente: Aeropuerto Internacional ministro Pistarini.

El mes con más lluvia en Ensenada es febrero, con un promedio de 111 milímetros de lluvia.

El mes con menos lluvia en Ensenada es julio, con un promedio de 54 milímetros de lluvia.

La región cuenta con un clima que proporciona las condiciones apropiadas para una amplia variedad de flora y fauna. Podremos observar aves, mamíferos, anfibios, reptiles e insectos distribuidos en diversos ecosistemas, que incluyen remanentes de bosque, áreas de cañaverales, lagunas y la costa. Cada uno de estos ecosistemas presenta una diversidad única, influenciada por varios factores, como el tipo de suelo, la vegetación y la dinámica de flujo de agua, que define las zonas propensas a inundaciones.

Respecto a las horas de sol, como podemos ver en el siguiente cuadro, el mes con menor horas de sol es junio con 9h y 48min, mientras que los días más largos podrán observarse en el mes de diciembre con 14h y 31min.



La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

Figura: Horas de sol promedio 2022.

Fuente: Aeropuerto Internacional ministro Pistarini.

Analizando el comportamiento del viento, podemos observar que el promedio de velocidad del viento es de 20 km/h, sin embargo, hay momentos del año donde se pueden alcanzar rafagas de entre 70 y 90 km/h. Ésta información habrá que tenerla en cuenta para la ingeniería civil en los equipos de mayor altura y el galpón del almacén.

No solamente es importante la velocidad de los vientos para lo último mencionado, sino también su dirección.

Regularmente los vientos en ensenada son de Este a Sudeste, esto es fundamental ya que, en el Consorcio Industrial la población más cercana a esa dirección es el barrio de Tolosa que está a 6km, en cambio, en la Ex Ipako la población se ubica a 500m.

4.5.1 Conclusión

Tanto la temperatura máxima como las precipitaciones y la velocidad del viento, nombradas anteriormente, son factores importantes a considerar para la ingeniería civil y las cotas que se utilizan para el desarrollo de ésta.



4.6 Estudio de suelo

En el área de La Plata desde tiempos históricos se han producido inundaciones por consecuencia de factores naturales y antrópicos. Los primeros se deben a sudestadas y precipitaciones, mientras que los segundos se destaca la urbanización de casi el total de la superficie, incrementando la impermeabilización del suelo.

4.6.1 Generalidades del área gran La Plata:

La zona de estudio, conocida como Gran La Plata, se encuentra en la margen sur del Río de la Plata. El área incluye al delta del río Paraná y tiene un clima templado-húmedo. A lo largo del tiempo, la planicie continental ha experimentado cambios debido a las variaciones del nivel del mar.

Topografía:

La zona del Gran La Plata posee dos ámbitos geomorfológicos, estos son la planicie continental al sudoeste y la planicie costera.

Planicie o llanura continental:

En esta área, hay varias cuencas que drenan hacia el Río de la Plata, como los arroyos Carnaval, Rodríguez, Martín, Don Carlos, El Gato, Maldonado, Garibaldi y El Pescado. Estos arroyos crean un paisaje de suaves ondulaciones, excepto el arroyo El Pescado, que al llegar a la planicie costera pierde su encauzamiento y forma los bañados de Maldonado y Ensenada, lo cual requiere la construcción de canales para drenar las aguas debido a la escasa pendiente.

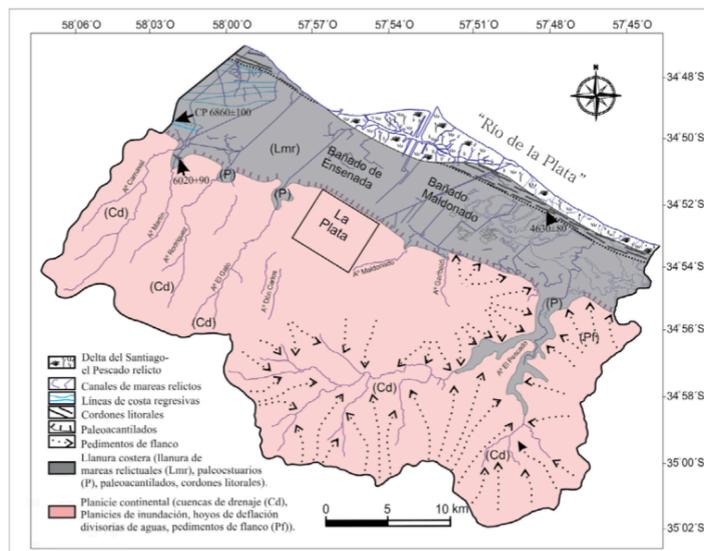


Figura: Características geomorfológicas de la zona del Gran La Plata

Planicie costera:

Esta franja presenta una pendiente apenas perceptible y adopta formas cóncavas donde se forman extensas zonas inundables.

En las proximidades de la costa se encuentran arenas, conchillas y limos, mientras que hacia el interior, los depósitos se tornan más finos.

4.6.2. Estudio de suelo en la zona de instalación:

La planicie costera del Río de la Plata, en los partidos de Berisso y Ensenada, enfrenta problemas de inundaciones debido a sudestadas, precipitaciones y desbordes de cursos de agua. Factores naturales, como el tipo de suelo y la topografía, junto con factores humanos, como la planificación urbana ineficiente, contribuyen a estos problemas.

La expansión urbana y las construcciones aumentan la impermeabilización del suelo, disminuyendo su capacidad de absorción y aumentando el riesgo de inundaciones. Las soluciones actuales incluyen muros de contención y elevaciones, pero a menudo son insuficientes frente a fenómenos como sudestadas y precipitaciones extraordinarias.



En Ensenada, el suelo es húmedo, la capa de agua está cerca y el suelo no deja pasar fácilmente el agua. Esto puede dificultar la contaminación del agua subterránea, pero también contribuye a las inundaciones frecuentes. El código de edificación establece pautas para rellenar terrenos bajos e inundables, y exige estudios de suelo para estructuras pesadas.

Un estudio de suelo en la zona industrial cercana reveló propiedades específicas, como pH ácido en la capa superficial y resistencia mecánica baja, requiriendo la construcción de pilotes para alcanzar suelo firme. Además, se realizaron análisis de metales pesados y composición del suelo para evaluar la permeabilidad y riesgos ambientales asociados a la contaminación, revelando que existe poca carga de contaminantes metálicos, lo cual es importante para garantizar la sostenibilidad ambiental, proteger la salud y seguridad de las personas.

4.6.3 Conclusiones

Se puede concluir que el el suelo del parque industrial es un buen lugar para instalar una planta de producción debido a las siguientes razones:

- Homogeneidad textural: Los materiales que componen estos suelos muestran una marcada homogeneidad. Esto significa que tienen una distribución relativamente uniforme de las características texturales. Esta homogeneidad puede facilitar la planificación y construcción de infraestructuras en el parque industrial, ya que se puede esperar una consistencia similar en todo el terreno.
- Baja permeabilidad: La zona tiene una baja permeabilidad, lo que significa que el suelo tiene una capacidad limitada para permitir que el agua y los contaminantes se muevan verticalmente a través de él. Esta baja permeabilidad puede ser beneficiosa en un entorno industrial, ya que reduce la posibilidad de que los contaminantes se filtren y



contaminen las capas subyacentes de suelo o los recursos hídricos cercanos.

- Menor carga contaminante: Los estudios de distribución de metales en sedimentos de cursos de agua cercanos a la zona de estudio indican que los sectores con mayor aporte de metales se encuentran alejados. Esto sugiere que hay una menor carga contaminante en este suelo, lo que puede ser favorable para la instalación de una planta de producción.

Además, por lo mencionado anteriormente, se deberá cambiar tierra negra por tierra colorada, compactarla y trabajar con pilotes para realizar toda la estructura. No solo porque la tierra colorada, en comparación con la tierra negra, favorece una menor permeabilidad, sino también porque los pilotes ayudarán a soportar adecuadamente la estructura en suelo firme, garantizando la estabilidad y seguridad de la planta.



5. ELECCIÓN DEL PROCESO ÓPTIMO – SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

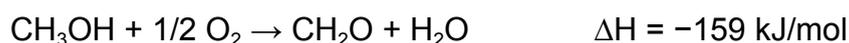
5.1. Descripción de los distintos procesos posibles

Hoy en día para la producción de formaldehído, a partir de metanol, existen dos opciones principales de proceso a escala industrial de donde seleccionar: La oxidación-deshidrogenación con catalizadores de plata, o la oxidación directa del metanol usando óxidos metálicos para catalizar la reacción (proceso FORMOX). El producto principal más común es en ambos casos formaldehído en solución acuosa entre el 37% hasta 57%, destinado a la producción de resinas, adhesivos, aglomerados, etc; aunque también puede utilizarse urea en el proceso para producir UFC (concentrado de urea formaldehído) utilizado para otro tipo de resinas.

En forma general, los procesos de producción constan de la mezcla del metanol con el aire, la reacción de formación en un reactor, y la separación del producto principal de los subproductos y componentes que no hayan reaccionado.

Proceso con catalizador de plata:

Las plantas de producción de formaldehído utilizando catalizadores de plata fueron las primeras utilizadas y hoy en día forman el 30% de la producción de formaldehído global. En el proceso se hace uso de un reactor que puede trabajar entre 600° C y 850° C, donde ocurren simultáneamente las siguientes reacciones de formación de formaldehído:



Para llevar a cabo la reacción se mezclan aire y metanol (junto con una corriente de recirculación) son alimentados a un reactor de lecho fijo donde se produce la reacción, se enfría a la salida y luego se circula la corriente gaseosa por el fondo de una columna de absorción donde se usa agua desde el tope



para separar la mezcla de compuestos gaseosos que no reaccionaron y subproductos indeseables como monóxido de carbono, ácido fórmico o dimetil éter (por tope), del producto que sale por fondo. Esta última corriente de producto es calentada y destilada en una columna de destilación, donde se separan el formaldehído por fondo y el metanol que quedó sin reaccionar por tope. Éste último equipo resulta necesario solo en este proceso con catalizador de plata, debido a la baja convertibilidad, para poder separar el metanol del formaldehído. Tanto la corriente de tope de la columna de absorción (aire), como la de destilación (metanol) pueden ser recirculadas para aumentar la eficiencia del proceso, principalmente se recircula el metanol.

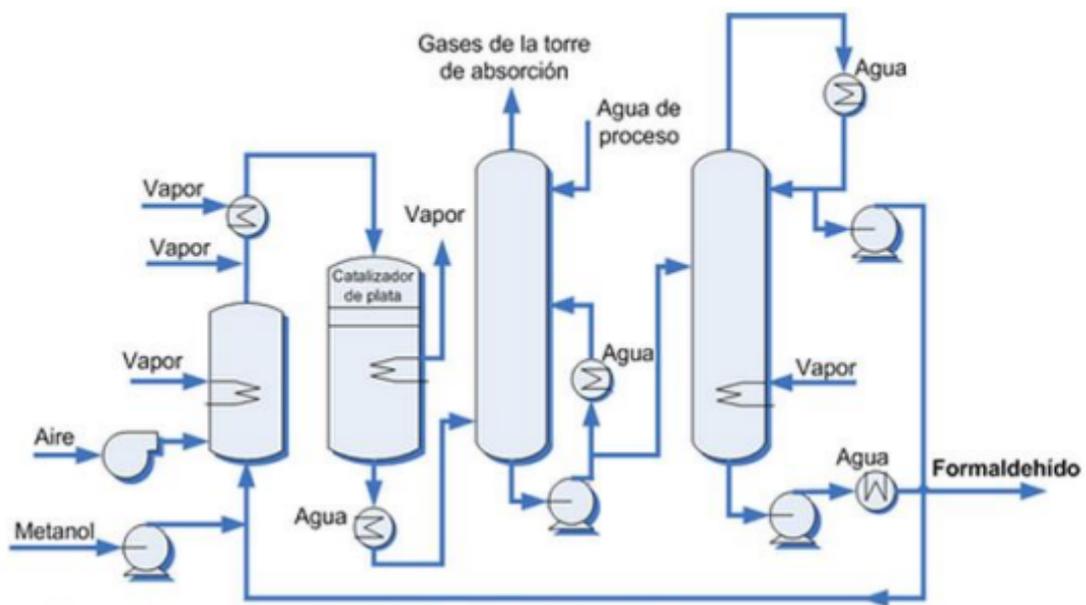


Figura: Diagrama ejemplo del proceso con catalizador de plata.

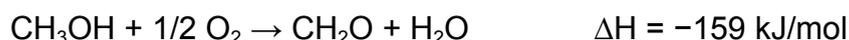
Proceso con catalizador de óxidos metálicos:

Este tipo de proceso surgió más recientemente que el anterior y es el más utilizado en el mundo. Existen diferentes tipos de óxidos metálicos que se pueden usar, siendo los catalizadores de óxido de hierro con molibdeno o vanadio los más usados, por su alta eficiencia y selectividad en la oxidación parcial del metanol, y de ellos resalta el catalizador de hierro molibdeno (Fe-Mo), ya que su composición química primaria no ha cambiado con el paso



de los años desde 1960, lo cual ha permitido que se desarrollen mejoras a los procesos que lo utilizan que para ningún otro proceso se han desarrollado.

En este proceso se utiliza un reactor multitubular, donde el lecho catalítico se dispone dentro de los tubos, que puede trabajar entre los 250° C y los 380° C, y se lleva únicamente la reacción de oxidación del metanol a formaldehído:



Es decir que, en comparación con el proceso con catalizador de plata, en este proceso se va a necesitar aproximadamente el doble de oxígeno para llevar a cabo la reacción y ésta va a ser mucho más exotérmica, por ausencia de la reacción de deshidrogenación endotérmica.

En este caso para hacer reaccionar el metanol con el aire, primero se lleva a fase vapor al metanol, que se mezcla con el aire y se circula por el reactor multitubular por los tubos. Como ya se mencionó, la reacción es extremadamente exotérmica, por lo que se debe enfriar, ya sea directamente con agua formando vapor o por medio de un condensador auxiliar con un fluido de transferencia de calor que circule por fuera de los tubos del reactor y produzca vapor en el condensador. Completo el paso por el reactor, el producto se debe enfriar, y luego esta corriente más fría, pero aún en fase vapor, se alimenta por fondo a una columna de absorción, donde se separa con agua por tope. Los subproductos indeseables, como monóxido de carbono, ácido fórmico o dimetil éter, junto con los compuestos que no reaccionaron salen de la columna por el tope, y la solución de formaldehído y agua terminada por fondo. Se pueden recircular las corrientes de salida de la columna, la de gases reciclándola con la entrada de aire y la de líquido con formaldehído por el tope de la misma columna de absorción, para así garantizar una correcta separación.

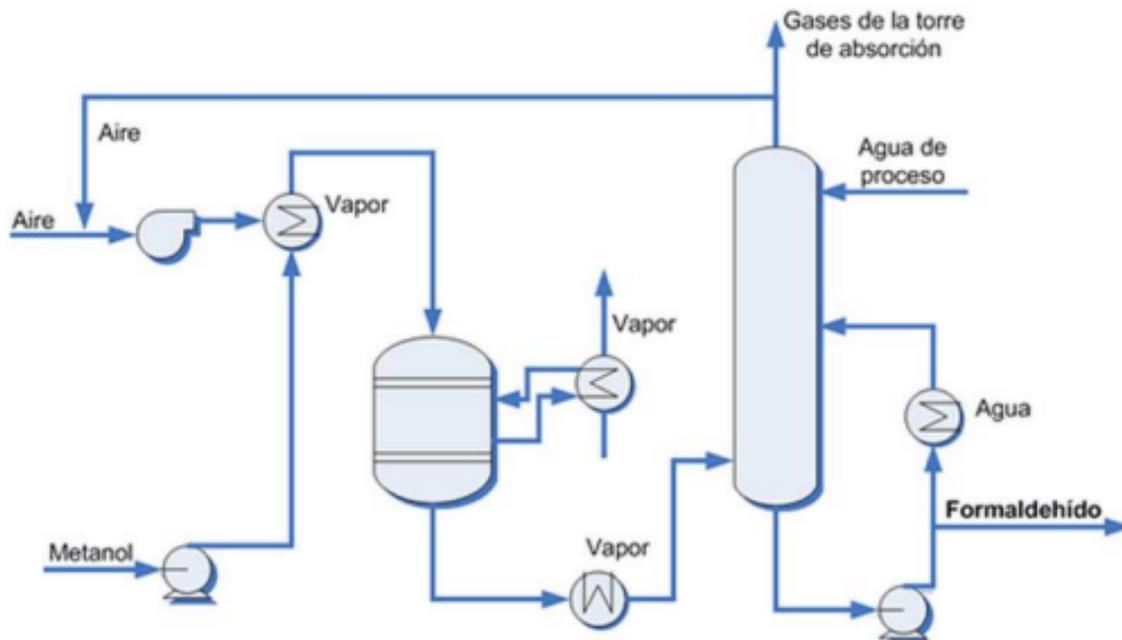


Figura: Diagrama ejemplo del proceso con catalizador de óxidos metálicos.

5.2. Análisis de las ventajas y desventajas de cada uno

Habiendo descrito de forma general los dos procesos mencionados, es necesario hacer un análisis más profundo para poder saber cuál resulta ser más conveniente para llevar a cabo este proyecto.

Costo del catalizador:

En general en el mundo, aunque tenga que ser cambiado varias veces al año, el catalizador de plata es más barato que el de óxido de hierro que se debe cambiar cada 4 años. Esto se debe a que puede ser completamente regenerado, mientras que el de hierro molibdeno solo puede ser regenerado el molibdeno, e igualmente éste irá sublimando a lo largo de su vida útil, en poca cantidad. La vida útil de catalizador de plata puede variar entre 3 y 8 meses, en cambio con los óxidos metálicos puede variar entre 4 o 5 años, en parte debido a la resistencia al envenenamiento que tienen los últimos y la menor temperatura utilizada para la reacción.



Eficiencia:

Las plantas que utilizan catalizadores de óxidos metálicos son más eficientes que las de catalizador de plata. Esto se debe a la altísima conversión, selectividad y rendimiento con el que las primeras cuentan, comparado con el proceso con catalizador de plata.

Tipo de catalizador	Conversión	Selectividad	Rendimiento
Catalizador plata	85%	90%	86%
Catalizador Fe-Mo	99%	93%	90%

Tabla: catalizadores

. Fuente: Elaboración propia

Es decir que, en el proceso con óxidos metálicos, menor cantidad del metanol abandona el reactor, evitando el uso de una columna de destilación necesaria en el proceso con catalizador de plata. También resultan ser más eficientes energéticamente las primeras, debido a la menor temperatura de reacción.

Producción de vapor:

En los procesos con óxidos metálicos, existe producción de vapor suficiente para ser enviado a otros procesos, en cambio en proceso con catalizador de plata, la producción de vapor que existe es comúnmente utilizada en el mismo proceso o incluso es necesario más debido a la alta temperatura requerida en el reactor.

Aire requerido:

Debido a las reacciones que intervienen en la formación del producto, las plantas con catalizador de plata requieren aproximadamente la mitad de oxígeno que sus pares de óxidos metálicos, lo cual se traduce en conductos y equipos de menor tamaño. Es decir que aumente la inversión inicial.

Pureza del producto:

La corriente de formaldehído obtenida a partir de óxidos metálicos contiene significativamente menos impurezas como subproductos complejos como



dimetoximetano o ácido fórmico, metales pesados o reactivos sin reaccionar que en proceso de catalizador de plata.

Gases de residuo:

En ambos casos el principal componente es nitrógeno, pero también contienen oxígeno que no reaccionó, formaldehído no absorbido, agua y subproductos como monóxido de carbono, dimetil éter, dimetoximetano y ácido fórmico. Pero en la reacción catalizada con plata, existe la reacción de deshidrogenación, la cual produce bastante hidrógeno. La presencia de hidrógeno en la corriente gaseosa permite la combustión a dióxido de carbono antes de la liberación al ambiente, el cual resulta mucho menos dañino al medio ambiente que el formaldehído y sus subproductos. En cambio, como en el proceso de óxidos metálicos no se produce hidrógeno, se debe hacer uso de una antorcha para la eliminación de los componentes nocivos de la corriente de gases, y en este caso también cabe destacar que la corriente será mayor debido al mayor requerimiento de oxígeno necesario para la reacción, y por ende que haya más componentes del aire que no reaccionan como el nitrógeno, presentes en la salida.

Capacidad de la planta:

Las plantas basadas en catalizador de plata son descritas como plantas menos complicadas, más compactas (menor inversión inicial) y con costos operativos más bajos, pero no son recomendadas plantas de este tipo con una capacidad mayor a las cinco mil toneladas por año, debido a su baja eficiencia.

Para plantas de más capacidad, hasta las cien mil toneladas por año, son mejores las que utilizan óxidos metálicos por ser un método mucho más eficiente, y la alta capacidad ayuda a recuperar el alto coste en tecnología necesario para la operación. Superar las cien mil toneladas por año sería muy ineficiente, dados los enormes conductos que serían requeridos para llevar a cabo el proceso, en caso de que se requiera aumentar la capacidad, sería recomendable hacer dos plantas de menor capacidad.



5.3. Patentes

La patente más utilizada del proceso con óxidos metálicos es “The Formox process” que pertenece a la empresa Johnson Matthey, que no es de acceso público. Pero existen patentes públicas basadas en ella como lo son el caso de:

- “US4343954A”: proceso mixto, que utiliza 2 reactores, uno con catalizador de plata y un segundo de óxidos metálicos.
- “WO2022079434”: proceso de catalizador de hierro molibdeno, pero con agregado de cobre 0.025% en peso, y sistema de control de emisiones para tratar los gases residuales.

5.4. Selección del óptimo

Habiendo analizado diferencias entre ambos procesos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Al trabajar el reactor de óxidos metálicos a menor temperatura que en el caso del catalizador de plata, los materiales empleados serán más baratos en el primer caso comparado al segundo, bajando un poco los costes de inversión.
- Como se mencionó, el catalizador de plata es más barato. Pero en nuestro caso particular, siendo que las plantas de regeneración se encuentran principalmente en EE. UU., sería muy difícil que resulte más barato cambiar varias veces por año el catalizador de plata, enviándolo fuera del país para ser regenerado y traerlo de vuelta, que simplemente cada 4 años importar nuevo catalizador de hierro molibdeno, incluyendo además los costos de oportunidad por no estar produciendo por cambiar el catalizador.
- Al contar con antorcha en el Complejo Industrial Ensenada, no resulta un problema deshacerse de los gases del proceso con óxidos metálicos.



- La generación de vapor del proceso de óxidos metálicos puede venderse generando un ingreso extra.

5.4.1 Conclusión:

Ya que la capacidad será de 20 mil toneladas por año, resulta ser más conveniente utilizar una planta de producción de formaldehído a partir de metanol, catalizado por óxidos metálicos, específicamente de hierro molibdeno.



5.5. Construcción del diagrama de flujo preliminar

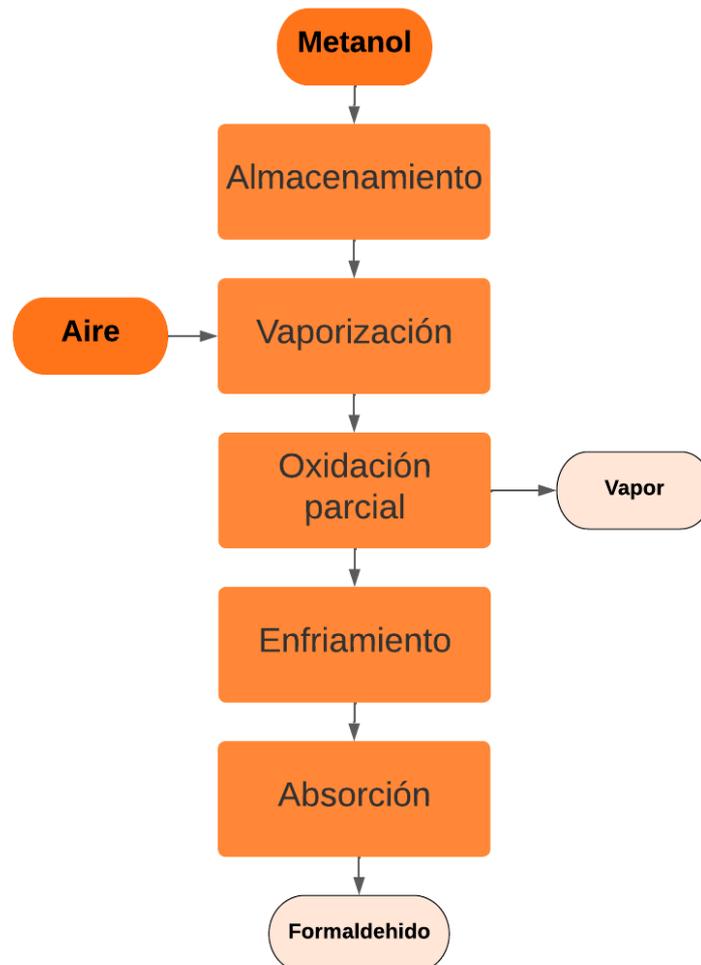


Gráfico: diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia

5.6. Descripción detallada del proceso elegido

El proceso que se desea desarrollar tiene como objetivo producir 20 mil toneladas por año de formaldehído al 37% en peso en agua, es decir 2500 kg/h. Como la reacción es 1:1, y la conversión y selectividad son muy altas, y en el producto hay 31 kmol/h de formaldehído será necesario alimentar el proceso con 31 kmol/h de metanol.

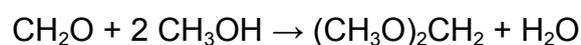
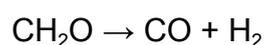


El metanol comprado, será almacenado en un tanque a temperatura ambiente, con capacidad suficiente para garantizar la continuidad del proceso. Para crear la corriente de alimentación se usará una bomba que llevará el metanol a un vaporizador. Otra corriente de alimentación será aire tomado del ambiente por un compresor, el cual contará con filtros para evitar cualquier tipo de suciedad. Esta corriente será alimentada al mismo vaporizador al que ingresa el metanol, ambas corrientes por el lado de los tubos, de esta forma mezclados, para ser calentados hasta lograr la vaporización del metanol (65° C).

Como corriente gaseosa, la mezcla de aire y metanol entran a un reactor multitubular por el lado de los tubos que contienen un catalizador de $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ y MoO_3 . El equipo va a ser mantenido a temperatura constante a 300 °C, por medio de agua que pasa por el lado de la coraza, obteniendo gran cantidad de vapor debido a que la reacción es muy exotérmica (se producen 5 millones kJ/h de calor). El vapor producido será vendido al Complejo Industrial Ensenada.

Es importante señalar que mantener refrigerado de forma uniforme el catalizador, ya que la aparición de puntos calientes lleva a la formación de óxido férrico que se irá acumulando, provocando además que el MoO_3 forme compuestos volátiles con el metanol que abandonen el reactor, desactivando el catalizador, disminuyendo su vida útil.

La corriente de salida contendrá el formaldehído producido con igual cantidad de agua de la misma reacción, metanol que no reaccionó (1%), oxígeno que se encontraba en exceso, nitrógeno y subproductos producidos como monóxido de carbono, dimetil éter y dimetoximetano.





El producto que abandona el reactor es impulsado para compensar la pérdida de carga y será enfriado en el vaporizador de metanol mencionado al comienzo, aprovechando su alta temperatura, circulando por el lado de la coraza. De esta forma condensará el agua presente, pero la corriente seguirá siendo en su mayor parte gas.

Por lo que se alimentará a una columna de absorción por el fondo, una corriente de agua y reciclo a temperatura ambiente que circule desde el tope absorberá el formaldehído de la corriente, abandonando la columna por fondo como líquido, junto con el metanol que no reaccionó y el agua procedente de la misma corriente del formaldehído. A esta corriente se la deberá enfriar, ya que la absorción es exotérmica y se la bifurca en 2 al 50% para reciclar parte de la corriente, juntándose con la alimentación de agua fresca en el tope de la columna, para extraer todo el formaldehído posible sin alimentar agua de más que diluya en exceso la solución, ya que queremos obtener formaldehído al 37%.

Por el tope de la columna saldrán los gases como el nitrógeno, el oxígeno que no reaccionó, una pequeña parte de formaldehído y los subproductos formados en su mayoría. Al ser el formaldehído un compuesto muy dañino al medio ambiente, aunque éste se encuentre en cantidades ínfimas, va a ser llevada la corriente a antorcha, para que sea quemada a dióxido de carbono mucho menos perjudicial.

Por último, la corriente bifurcada de formaldehído, que no se recircula, será bombeada a un tanque, hasta ser comercializada.



6 DISEÑO BÁSICO

6.1 Límites de batería

Determinación de las bases de diseño principales en los límites de la batería

Materia Prima

Las materias primas principales para nuestro proceso son el metanol y el aire.

- METANOL; caudal 1018,56 kg/h, concentración 97% en peso.

Se recibe a temperatura ambiente y presión atmosférica, por ducto; el proveedor es Y.P.F.

Producto

Según la capacidad definida en la sección de Estudio de Mercado, la planta producirá 20.000 tn/año de formaldehído.

- FORMALDEHÍDO: 20.000 tn/año

Se entrega a temperatura ambiente y presión atmosférica, por camión a los diferentes clientes.

Utilities

Para el correcto funcionamiento de la planta se requiere de servicios auxiliares tales como:

- AGUA DE ENFRIAMIENTO: 172.843,93 kg/h

Se recibe a 29°C y 2 atm; se entrega a 45°C y 2 atm.

- VAPOR DE ALTA: 17.201,33 kg/h

400°C 32 atm

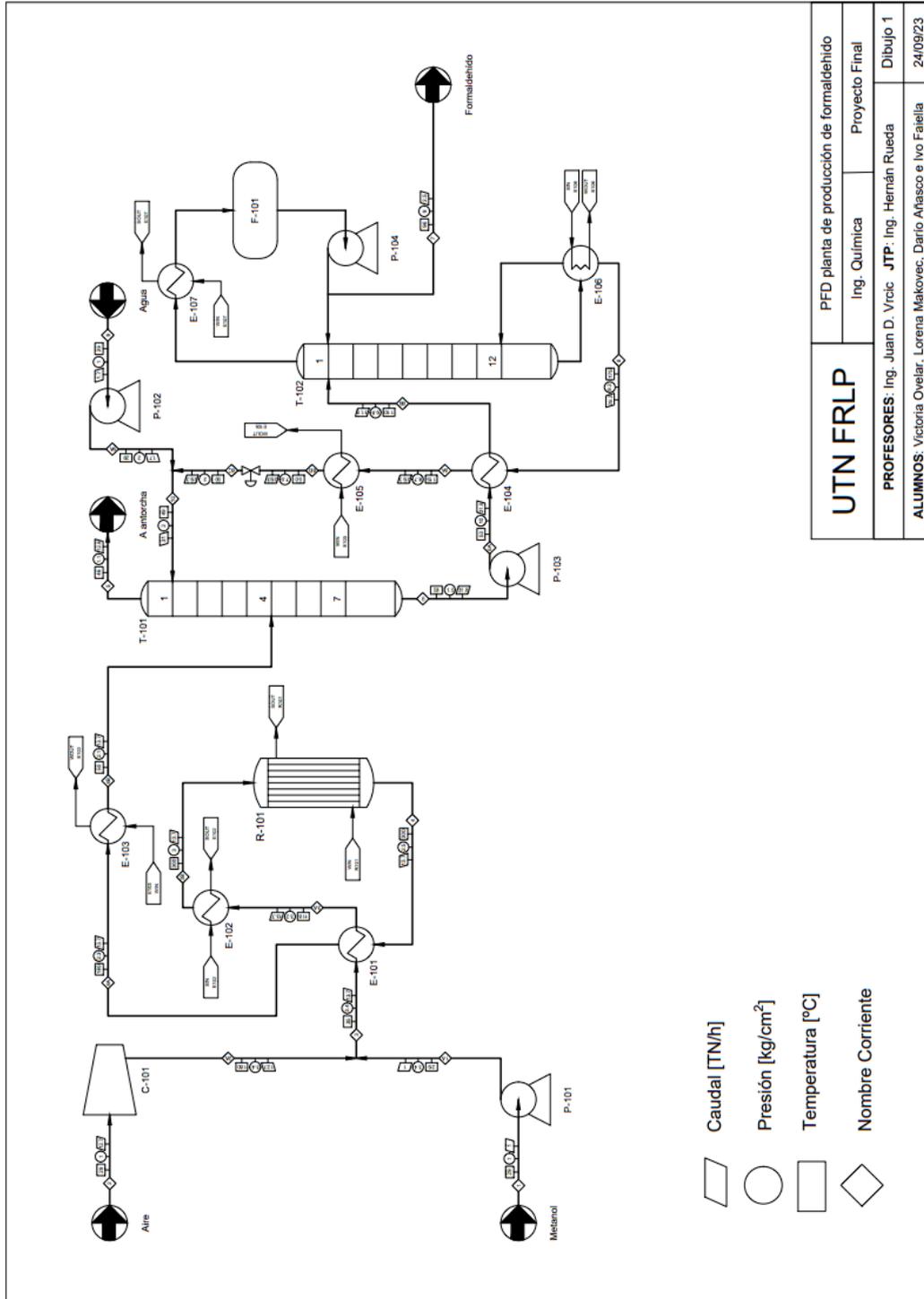


6.2 Balance de masa

Nombre de corriente	Fase	Temperatura °C	Presión kg/cm ²	Entalpia M*kcal/h	Flujo Molar kmol/h	Flujo Másico kg/h	Composición Másica Porcentual				
							Agua	Metanol	O ₂	N ₂	Formaldehído
1	Liquid	29,00	1,0	0,02	32,53	1018,56	2,998	97,002	-	-	-
1A	Liquid	29,15	3,4	0,02	32,53	1018,56	2,998	97,002	-	-	-
2	Vapor	29,00	1,0	0,02	440,43	12706,54	-	-	23,292	76,708	-
2A	Vapor	185,48	3,4	0,51	440,43	12706,54	-	-	23,292	76,708	-
3	Vapor	44,69	3,4	0,53	472,96	13725,10	0,222	7,199	21,563	71,016	-
3A	Vapor	167,87	3,2	1,27	472,96	13725,10	0,222	7,199	21,563	71,016	-
3B	Vapor	300,00	3,0	1,97	472,96	13725,10	0,222	7,199	21,563	71,016	-
4	Vapor	300,00	2,5	2,21	488,38	13725,10	4,270	-	17,969	71,016	6,746
4A	Vapor	180,00	2,3	1,46	488,38	13725,10	4,270	-	17,969	71,016	6,746
4B	Vapor	55,00	2,1	0,79	488,38	13725,10	4,270	-	17,969	71,016	6,746
5	Vapor	47,41	1,3	0,65	461,84	12850,35	5,505	-	19,064	75,430	0,000
6	Liquid	52,67	1,8	1,66	1747,53	31879,04	96,875	-	0,051	0,169	2,904
6A	Liquid	52,95	10,0	1,66	1745,10	31808,87	97,089	-	-	-	2,911
6B	Liquid	110,00	9,5	3,46	1745,10	31808,87	97,089	-	-	-	2,911
7	Liquid	96,15	9,0	0,20	118,21	2500,00	62,965	-	-	-	37,035
8	Liquid	175,55	9,2	5,20	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
8A	Liquid	115,94	8,7	3,41	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
8B	Liquid	50,00	7,9	1,47	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
8C	Liquid	50,00	2,0	1,47	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
9	Liquid	29,00	1,0	0,05	94,11	1695,43	100	-	-	-	-
9A	Liquid	29,03	2,0	0,05	94,11	1695,43	100	-	-	-	-
10	Liquid	48,85	2,0	1,52	1721,00	31004,30	100	-	-	-	3,12E-06



6.3 PFD





6.4 Diseño de Equipos

En base al PFD de la planta se seleccionaron los siguientes equipos para su diseño:

- Reactor R-101
- Bomba P-101
- Tanque Tk-101
- Intercambiador de calor E-105
- Columna Absorbedora T-101
- Compresor C-101

6.4.1 Diseño del reactor

Se procederá con el cálculo de la sección de oxidación, esta planta opera bajo la licencia de "The Formox process", la cual es ampliamente reconocida y pertenece a la empresa Johnson Matthey. Esta licencia describe el reactor como una unidad catalítica multitubular que utiliza molibdeno como catalizador. La reacción se lleva a cabo en fase gaseosa y utiliza metanol y oxígeno como reactivos. Según la literatura consultada, la conversión de metanol en este reactor es prácticamente del 100%.

El proceso implica la introducción de una mezcla de aire y metanol como corriente gaseosa en el reactor multitubular a través de los tubos que contienen un catalizador compuesto por $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ y MoO_3 . Para mantener una temperatura constante dentro del equipo (que varía entre 250°C y 380°C), se utiliza agua circulante en la coraza del reactor. Este método de control de temperatura genera una gran cantidad de vapor debido a la alta exotermicidad de la reacción, que produce aproximadamente 5 millones de kJ/h de calor.



Propiedades del catalizador

El catalizador principal para la reacción de oxidación de metanol a formaldehído es una mezcla de óxidos metálicos de molibdeno y hierro, con un exceso de molibdeno. La desviación estequiométrica afecta la actividad catalítica y el rendimiento de la reacción. La estructura del catalizador incluye celdillas con octaedros de FeO₆ y tetraedros de MoO₄, con intersticios para O²⁻. Se suele soportar sobre alúmina, pero estudios sugieren que el soporte de SiO₂ mejora la actividad catalítica. La preparación del catalizador se realiza comúnmente por coprecipitación, con la actividad dependiendo del pH. Se emplean diversas técnicas de caracterización, como la difracción de rayos X y la espectroscopía, y se añaden promotores como Mn, Sb, Sn y P para mejorar estabilidad y selectividad en la reacción.

MECANISMO DE REACCIÓN

Se ha investigado el mecanismo de reacción mediante ligandos de metoxo isotópicamente etiquetados generados a través de las ecuaciones:

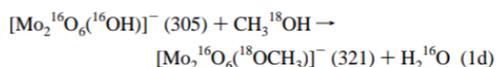
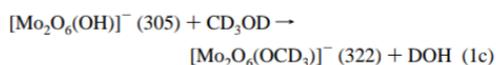
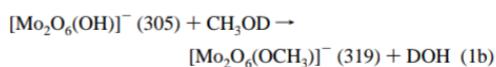
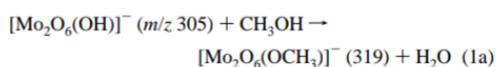


Figura: mecanismos de reacción

Fuente: Kinetics of the partial oxidation of methanol over a Fe-Mo catalyst. Salim Deshmukh

Estos experimentos demostraron que el formaldehído se originó a partir del ligando de metoxo. El centro de dimolibdato retuvo los dos electrones y el protón producidos en la semi ecuación redox formal:



El mecanismo de reacción para la oxidación catalítica en fase gaseosa de metanol a formaldehído se divide en tres pasos esenciales:

1. El metanol gaseoso sufre una adsorción disociativa en la superficie del catalizador de estado sólido para producir centros de metoxo-molibdeno(VI) en la superficie. En esta etapa, el agua puede ser desorbida del catalizador.
2. Los ligandos de metoxo activados se oxidan y eliminan como formaldehído, lo que resulta en la reducción del catalizador y la creación de una vacante de oxígeno. Esta etapa es determinante de la velocidad y se requieren temperaturas elevadas.
3. La oxidación del catalizador por dióxígeno completa el ciclo.

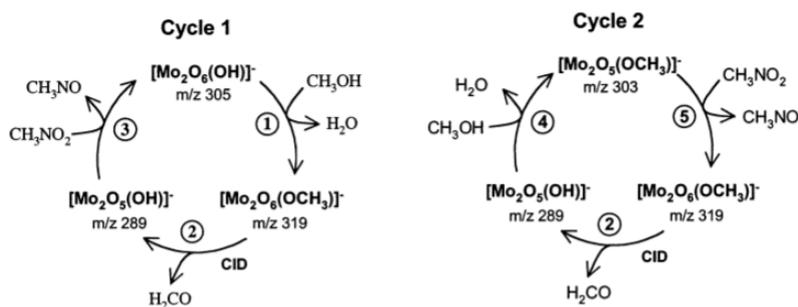


Figura: ciclos de oxidación del metanol

Fuente: Kinetics of the partial oxidation of methanol over a Fe-Mo catalyst. Salim Deshmukh

La figura representa los dos ciclos catalíticos en fase gaseosa para la oxidación de alcoholes primarios y secundarios a aldehídos y cetonas, respectivamente, con un centro de dimolibdato binuclear actuando como catalizador. El ciclo 1 procede en tres pasos: (1) activación del alcohol para formar un enlace de alcóxometal-molibdeno con eliminación de agua; (2) oxidación del ligando de alcóxometal y su eliminación como aldehído mediante activación colisional en el paso determinante de la velocidad; y (3) regeneración del catalizador mediante oxidación por nitrometano. El ciclo 2 comparte la reacción 2 con el ciclo 1, pero difiere en la secuencia de reacción con alcohol y nitrometano



CINÉTICA DE REACCIÓN

La cinética de la reacción que estamos investigando aún no se ha esclarecido por completo. Se continúan realizando estudios con el objetivo de desarrollar una ecuación que incorpore todos los efectos y peculiaridades que pueden surgir en este proceso.

En el pasado, se han analizado dos tipos fundamentales de mecanismos de reacción: los de tipo Langmuir y los de Mars-van Krevelen. La tendencia se inclinó hacia la investigación de los mecanismos de tipo Mars-van Krevelen, desechando en su mayoría los del primer tipo en la mitad del siglo pasado.

Como resultado de esta evolución en la investigación, se ha desarrollado un mecanismo de tipo Mars-van Krevelen, propuesto por Santacesaria (R. Tesser, M. Di Serio, E. Santacesaria, entre otros, en 2003). Esta ecuación cinética ha sido ampliamente aceptada en la comunidad científica, especialmente cuando se opera bajo ciertas condiciones que son bastante similares a las que se encuentran en el reactor R-101.

$$\gamma_1 = \frac{k_1 k_2 P_m^a P_{O_2}^b}{k_1 P_m^a + k_2 P_{O_2}^b}$$

Donde los valores de a y b han sido reportados por la literatura, considerando generalmente $a=b=1/2$ o $a=1, b=1/2$. Siendo γ_1 la velocidad de reacción de formación de formaldehído (kmol/h·kgcat), P_m la presión parcial de metanol (atm), P_{O_2} la presión parcial del oxígeno (atm) y k_1, k_2 son constantes cinéticas dependientes de la temperatura.

Cabe destacar que esta ecuación considera, por ejemplo, la inhibición causada por la formación de agua como subproducto no deseado de la reacción, un aspecto que no fue considerado en ecuaciones previas.



$$Y_1 = \frac{k_1 k_2 P_m^a P_{O_2}^b}{k_1 P_m^a + k_2 P_{O_2}^b} \left(\frac{1}{1 + b_w P_w} \right)$$

Donde P_w es la presión parcial del agua (atm) y b_w es una constante cinética. Los parámetros cinéticos del modelo se calculan según las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} k_1 &= \exp(-18,4586 + 64790/RT) \\ k_2 &= \exp(-15,2687 + 57266/RT) \\ b_w &= \exp(21,2814 - 111600/RT) \end{aligned}$$

DIMENSIONES BÁSICAS

A continuación se plantean los balances de materia en el reactor, para determinar los caudales molares de salida. Se usará el modelo de flujo pistón, que es el que más se asemeja a un reactor multitubular.

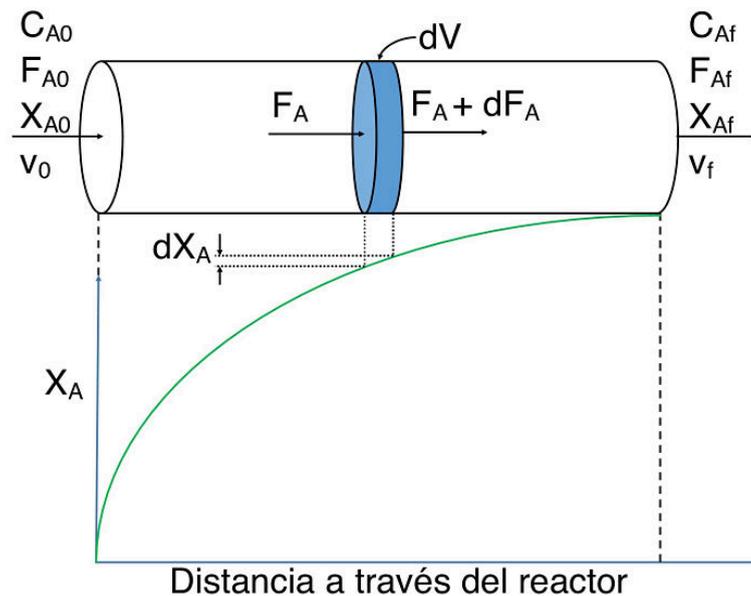
Con el fin de hallar la expresión que permite diseñar el sistema, se realiza primero un balance de materia:

$$[Acumulación] = [Entrada] - [Salida] + [Generación] - [Consumo]$$

Por diseñar en estado estacionario se eliminan los términos de generación, por referir a un reactivo, y el de acumulación

Balance de reactivo:

$$[Salida] = [Entrada] - [Consumo]$$



Expresión de cada término:

$$[\text{Consumo}] = (-r_i) \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A_f \cdot \Delta z$$

$$[\text{Entrada}] = |v \cdot C_i|_z \cdot A_f$$

$$[\text{Salida}] = |v \cdot C_i|_{Z+\Delta Z} \cdot A_f$$

- $(-r_i)$: velocidad de reacción referida a la unidad de masa del catalizador.

[kmol/ (h * kg catalizador)]

- ρ_c : densidad de la partícula de catalizador en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- A_f : área de flujo de 1 tubo en m^2 .
- Δz : incremento en el largo del tubo en metros.
- ε : porosidad del lecho y es un parámetro adimensional.
- v : velocidad del fluido en m/s .
- C_i es la concentración del reactivo en el sistema de reacción expresada en $\text{kmol} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$\text{Reemplazando: } |v \cdot C_i|_{Z+\Delta Z} \cdot A_f = |v \cdot C_i|_z \cdot A_f - (-r_i) \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A_f \cdot \Delta z$$

$$[|v \cdot C_i|_{Z+\Delta Z} - |v \cdot C_i|_z] \cdot A_f = -(-r_i) \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A_f \cdot \Delta z$$

Como v es constante y dividiendo por

$$\Delta z [|v \cdot C_i|_{Z+\Delta Z} - |v \cdot C_i|_z] \cdot A_f = -(-r_i) \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A_f \cdot \Delta z$$

Aplicando límite para Δz tendiendo a 0

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} [|v \cdot C_i|_{Z+\Delta Z} - |v \cdot C_i|_z] \cdot A_f = r_i \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A_f$$



$$dC_i \cdot v \cdot A_f dz \cdot A_f = r_i \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon)$$

Siendo $v \cdot A_f = Q$ (caudal volumétrico) y $dz \cdot A_f = dV$ se obtiene:

$$dC_i \cdot Q / dV = r_i \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon)$$

Reagrupando los términos de diferencial volumen con la densidad del catalizador y la fracción de volumen ocupada por el catalizador podemos obtener una expresión en masa de catalizador

$$(W). W = \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) V$$

$$dC_i \cdot Q / r_i = \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) dV$$

$$dC_i \cdot Q / r_i = dW$$

Expresando dC_i en función de la conversión $dC_i = -C_{i0} dx_i$ y sustituyendo:

$$dW = -C_{i0} Q dx_i / r_i = F_{i0} dx_i / -r_i$$



La selectividad promedio en estas condiciones alcanza el 100% hacia la producción de formaldehído

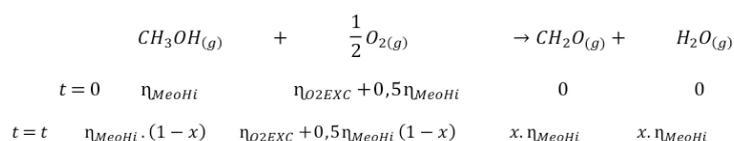
Los datos de la alimentación del reactor se obtuvieron por balance de masa.

Alimentación Reactor [kmol]		Alimentación Reactor [kg]	
30,83	kmol/h Metanol	0,0652	986,56 kg/h Metanol
1,7	kmol/h H2O	0,0036	30,51 kg/h H2O
92,49	kmol/h O2	0,1956	2959,68 kg/h O2
347,9385714	kmol/h N2	0,7357	9742,28 kg/h N2
472,9585714	kmol/h Alimentación	Fracciones	13719,03 kg/h Alimentación
			Fracciones

Tabla: alimentación del reactor

Fuente: elaboración propia.

La reacción puede expresarse de la siguiente forma:





Siendo x la conversión del reactivo limitante, que es el metanol, y n_{O_2} es 2,5 veces

Estas expresiones se pueden convertir a presiones considerando que se cumple la Ley de Raoult ($P_A = y_A \cdot P_{total}$) y que no existe expansión de volumen. La ley de Raoult establece que las presiones parciales se comportan como la cantidad de materia de una corriente gaseosa si no existe expansión ni compresión en el volumen y los gases se comportan de manera ideal.

$$P_m = P_{MEOH_i} \cdot (1 - x)$$

$$P_{O_2} = 2,5 \cdot P_{MEOH_i} + 0,5 \cdot P_{MEOH_i} (1 - x) = 3P_{MEOH_i} - 0,5 \cdot x \cdot P_{MEOH_i}$$

$$P_{form} = x \cdot P_{MEOH_i}$$

$$p_w = x \cdot P_{MEOH_i}$$

$$r_c = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot (1 - x) \cdot P_{MEOH_i} \cdot (3P_{MEOH_i} - 0,5 \cdot x \cdot P_{MEOH_i})^{0,5}}{k_1 \cdot P_{MEOH_i} \cdot (1 - x) + k_2 (3P_{MEOH_i} - 0,5 \cdot x \cdot P_{MEOH_i})^{0,5}} \cdot \frac{1}{(1 + b_w \cdot x \cdot P_{MEOH_i})}$$

Con esta expresión de la velocidad cinética, se procede a calcular los gramos de catalizador utilizados según la ecuación general de balance de masa para un reactor tubular con lecho.

CÁLCULO DE LA MASA DEL CATALIZADOR

El procedimiento para el cálculo será el siguiente:

- Se calculan las constantes b_w , k_1 y k_2 , las cuales se van a mantener constantes durante todo el proceso.
- Se suponen conversiones de metanol a lo largo del reactor y se calcula la velocidad de reacción en cada punto, hasta llegar al 98-100% de conversión .
- Se calculará la inversa de la reacción de velocidad, y se calcularán la inversa de la



velocidad media entre el punto anterior y el considerado y la diferencia entre la conversión en el punto considerado y el anterior.

• Ambos valores (el de la inversa de la velocidad de reacción media y el paso entre conversiones) se multiplicarán, y simultáneamente estos valores se irán sumando hasta obtener un valor final.

Siendo $F_{A0}=34,68$ kmol/h de metanol que ingresa al reactor, se procede con el calculo.

Xa	rc	1/rc	DELTA X	1/rcmedia	SUM*deltax
0	1,55E-03	6,45E+02	0	0	0
0,1	1,41E-03	7,12E+02	0,1	6,78E+02	6,78E+01
0,2	1,26E-03	7,95E+02	0,1	7,54E+02	1,43E+02
0,3	1,11E-03	9,03E+02	0,1	8,49E+02	2,28E+02
0,4	9,56E-04	1,05E+03	0,1	9,75E+02	3,26E+02
0,5	8,02E-04	1,25E+03	0,1	1,15E+03	4,40E+02
0,6	6,46E-04	1,55E+03	0,1	1,40E+03	5,80E+02
0,7	4,88E-04	2,05E+03	0,1	1,80E+03	7,60E+02
0,8	3,28E-04	3,05E+03	0,1	2,55E+03	1,01E+03
0,9	1,65E-04	6,06E+03	0,1	4,55E+03	1,47E+03
0,98	3,32E-05	3,01E+04	0,08	1,81E+04	2,92E+03
0,99	1,66E-05	6,01E+04	0,08	4,51E+04	6,52E+03

Tabla: calculo del peso del catalizador

Fuente:elaboración propia.

Según la expresión encontrada anteriormente $W = \left(\frac{F_{A0}}{1-\epsilon}\right) * Grcat$, el peso del catalizador será de 36900 kg catalizador.

Expresando la ecuación anterior en función del volumen y densidad, y siendo la porosidad (ϵ) igual a 0,4:

$$W = \rho_l \cdot V = \rho_p \cdot (1 - \epsilon_L) \cdot V$$

Reemplazando se obtiene el valor de 0,39 m³. Este valor se sobredimensiona en un 10% obteniendo un valor de 0,47 m³.



NÚMERO DE TUBOS Y PÉRDIDA DE CARGA

Para determinar el número de tubos y su longitud, primero asumimos valores para el diámetro interno y externo de los tubos. Luego, verificamos la validez de estas suposiciones calculando el número de tubos según el volumen del conjunto de tubos obtenido previamente. Para que el número de tubos y el diámetro exterior sean adecuados, debemos considerar lo siguiente:

- Asegurarnos de que la longitud de los tubos sea apropiada, evitando que sea demasiado larga o demasiado corta.
- Mantener la velocidad del fluido dentro de los tubos dentro de los rangos típicos para las condiciones de operación.
- Garantizar que la pérdida de carga en los tubos no supere 1 atmósfera

Con base en estas consideraciones, inicialmente supondremos un diámetro exterior de tubo de 1 pulgada. Para determinar la longitud de los tubos, utilizaremos la siguiente ecuación que se deriva del volumen del reactor:

$$N_{\text{tubos}} = \frac{V_{\text{total}}}{V_{\text{tubo}}}$$

Donde D_i representa el diámetro interno de los tubos, L es la longitud de los mismos, N es el número de tubos, y V es el volumen del reactor. Para obtener el valor del diámetro interno de los tubos, será necesario realizar el diseño mecánico de los mismos.

Se tomará la longitud con un valor de 6 metros el cual es estándar y recomendado para los tubos y un diámetro interno de 0,02057 m. Utilizando la ecuación siguiente:

$$V_{\text{tubos}} = \pi \times \left(\frac{D_{\text{int}}}{2}\right)^2 \times L$$



Se obtuvo un valor de 240 tubos.

DIAMETRO NOMINAL NPS	DIAMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR DE PARED (Pulg.)	PESO TUBO tm.		LARGO DEL TUBO (m)	GRADO	PRESION DE PRUEBA (psi)	SCH
			NEGRO (kg.)	GALVANIZADO (kg)				
1/4"	0,540	0,088	3,780	3,962	6,00	A	700	40
3/8"	0,675	0,091	5,040	5,296	6,00	A	700	40
1/2"	0,840	0,109	7,620	7,887	6,00	A	700	40
3/4"	1,050	0,113	10,140	10,479	6,00	A	700	40
1"	1,315	0,133	15,000	15,479	6,00	A	700	40
1 1/4"	1,660	0,140	20,340	20,935	6,00	A	1200	40
1 1/2"	1,900	0,145	24,300	25,016	6,00	A	1200	40
2"	2,375	0,154	32,640	33,579	6,00	A	2300	40
2 1/2"	2,850	0,203	51,780	52,880	6,00	A	2500	40
3"	3,500	0,216	67,740	69,080	6,00	A	2500	40
4"	4,500	0,237	96,420	98,233	6,00	B	2210	40
6"	6,625	0,280	169,560	172,271	6,00	B	1780	40
8"	8,625	0,322	255,300	258,721	6,00	B	1570	40
10"	10,750	0,365	361,740	366,215	6,00	B	1430	40
12"	12,750	0,406	478,200	483,592	6,00	B	1340	40
16"	16,000	0,500	739,800	746,235	6,00	B	1310	40
20"	20,000	0,500	930,720	938,871	6,00	B	1050	30
24"	24,000	0,500	1121,640	1131,507	6,00	B	880	XS

Tabla: diámetros de tubos

Fuente: <https://www.acorsaperu.com/turf/producto/tubo-acero-sch-40/>

Se procede con el cálculo del área de transferencia:

$$At = N \cdot \pi \cdot dext \cdot L$$

Obteniéndose un valor de 135,64 m³

Y se comprobó el número de tubos utilizando la ecuación $V = Af \cdot L \cdot N_{tubos}$

Pérdida de carga en los tubos:

El cálculo de la pérdida de carga en tubos con relleno se basa en la utilización de la ecuación de Ergun. Es esencial garantizar que la pérdida de carga cumpla con los requisitos establecidos para el número de tubos. Si se considera que la variación de densidad es insignificante en el reactor debido a que la temperatura de salida es igual a la de entrada y la pérdida de presión es pequeña, se puede aplicar una modificación de la Ecuación de Ergun. Se calculará según las siguientes ecuaciones:



$$\frac{P_L}{P_0} = 1 - \alpha_m \cdot \frac{W}{N_t}$$

$$\alpha_m = \frac{\beta_m}{P_0}$$

$$\beta_m = \frac{G}{\rho \cdot d_p \cdot A_c \cdot \rho_c \cdot \varepsilon_B^3} \cdot \left(\frac{150 \cdot (1 - \varepsilon_B) \cdot \mu}{d_p} + 1,75 \cdot G \right)$$

Siendo:

- μ : viscosidad del fluido que circula por los tubos (Pa·s)
- ε_B : porosidad del lecho
- d_p : diámetro de partícula (m)
- ρ : densidad del fluido que circula por los tubos (kg/m³)
- G : velocidad másica (kg/m²·s)
- A_c : área longitudinal de los tubos (m²)
- P_0 : presión de entrada del fluido que circula por los tubos (Pa)
- P_L : presión de salida del fluido que circula por los tubos (Pa)
- W : masa de catalizador (kg)
- N_t : número de tubos del reactor (Pa)
- ρ_c : densidad de la partícula (kg/m³)

Completando las anteriores ecuaciones se obtiene una pérdida de carga de 0,294 atm

Diseño mecánico de la coraza:

Para determinar el diámetro de la coraza se usará la ecuación desarrollada por Kern

$$D_{carcasa}(mm) = D_0 \cdot \left(\frac{N_{tubos}^0}{K_1} \right)^{\frac{1}{n_1}} + 90$$

Donde K_1 y n_1 son constantes que para un número de pasos por coraza igual a uno poseen los valores de 0,319 y 2,142 respectivamente. Sustituyendo en la ecuación anterior se obtiene un valor de D coraza (D_s) de 947,9mm. Se busca



en la tabla el diámetro más cercano para disposición en cuadro $D_i=1 \frac{1}{4}$ " y se obtiene un valor de 37" (0,9652m)

Tubos 1 1/4" OD	Pt = 1 9/16"	Cuadrado			
10	16	12	10		
12	30	24	22	16	16
13 1/4	32	30	30	22	22
15 1/4	44	40	37	35	31
17 1/4	56	53	51	48	44
19 1/4	78	73	71	64	56
21 1/4	96	90	86	82	78
23 1/4	127	112	106	102	96
25	140	135	127	123	115
27	166	160	151	146	140
29	193	188	178	174	166
31	226	220	209	202	193
33	258	252	244	238	226
35	293	287	275	268	256
37	334	322	311	304	293
39	370	362	348	342	336

Tabla: disposición de tubos.

Fuente: "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" - Eduardo Cao

Pérdida de carga en la coraza:

Se calculará según la siguiente expresión

$$\Delta P = \frac{f_c \cdot G_c^2 \cdot (N_c + 1) \cdot D_c}{D_e \cdot \rho}$$

Siendo:

- f_c : factor de fricción en carcasa.
- G_c : velocidad másica en carcasa ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).
- N_c : número de deflectores.
- D_c : diámetro de la carcasa (m)
- D_e : diámetro equivalente (m)

El diámetro equivalente se define para el flujo de fluido a través de los tubos en vez de transversalmente a pesar de existir los deflectores. Para disposición cuadrada la determinación de este parámetro sigue la siguiente ecuación:



$$D_e = \frac{4 \cdot pitch^2}{\pi \cdot D_0} - D_0$$

Realizando los cálculos pertinentes se obtiene un $\Delta P = 0,4 \cdot 10^{-3}$

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{tubos} + \Delta P_{coraza} = 0,29 \text{ atm}$$

BALANCE DE ENERGÍA Y CAUDAL DE REFRIGERANTE

Las reacciones que tienen lugar en el proceso son altamente exotérmicas, lo cual requiere, para mantener condiciones operativas normales, la refrigeración y eliminación eficiente del calor generado. Se empleará agua como fluido refrigerante, ajustando su presión y temperatura de manera adecuada. La corriente de refrigerante seguirá la siguiente ecuación con el propósito de mantener la temperatura del reactor constante.

$$Q_{reaccion} = Q_{intercambiado}$$

El calor generado por reacción química responde a:

$$Q_{ri} = (-r_i) \cdot \rho_c \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A_f \cdot \Delta z \cdot (-\Delta H_{ri}) \cdot S_i$$

$$Q_{int} = m_{ref} \cdot \Delta H_{vap}$$

El calor neto generado por las reacciones será **-1.200.000 kcal/h**, por lo que el caudal de refrigerante será de 1885 kg/h.



DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LOS TUBOS

El cálculo del espesor de los tubos del reactor se conoce recurriendo al Código

ASME B31.3, mediante la siguiente expresión:

$$t = \left(\frac{P_D \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P_D \cdot Y)} + C \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - M/100} \right)$$

Siendo:

- E: eficiencia de soldadura
- S: tensión máxima permisible
- Y: coeficiente dependiente de la temperatura de operación y del material de los tubos
- PD: presión de diseño
- D0: diámetro externo de los tubos
- M: margen de tolerancia de fabricación
- C: margen por corrosión

Se determina a continuación cada uno de esos parámetros:

- Eficiencia de soldadura (E): este término se refiere a la disminución de la resistencia del material de los tubos debido a que las uniones soldadas no son tan resistentes como el resto del material. Se observa en la tabla UW-12 del Código ASME VIII-Div.1 que E toma el valor de 1 para una junta a tope a doble cordón u otro método mediante el que se obtenga la misma calidad de soldadura del material depositado por el interior y el exterior de los tubos.
- Tensión máxima admisible (S): Según se puede observar en la tabla a continuación, la tensión máxima admisible para acero Carpenter 20 Mo-6 es de 31000 psi para temperaturas que rondan los 600K.



Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

Propiedades del acero Carpenter 20 Mo-6

Carpenter 20-Mo6® Stainless Steel, Tensile Properties at 93°C

Categories: Metal, Ferrous Metal, Stainless Steel

Material Notes: Data provided by Carpenter Technology Corporation.
This is an austenitic stainless steel which is resistant to corrosion in hot chloride environments with low pH. It has good resistance to pitting, crevice corrosion and stress-corrosion cracking in chloride environments and is also resistant to oxidizing media. The alloy is designed for applications where better pitting and crevice-corrosion resistance are required than 20Cr-3B stainless offers.
20-Mo6® is a registered trademark of Carpenter Technology Corporation.

Key Words: UNS N01026, Carpenter Technology Corporation, Carpenter Steel Division, Catech

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	8.133 g/cc	0.2938 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	630 MPa	87300 psi	
	448 MPa @Temperature 593 °C	65000 psi @Temperature 1100 °F	
	462 MPa @Temperature 538 °C	67300 psi @Temperature 1000 °F	
	490 MPa @Temperature 482 °C	71100 psi @Temperature 900 °F	
	496 MPa @Temperature 427 °C	71900 psi @Temperature 801 °F	
	510 MPa @Temperature 371 °C	74100 psi @Temperature 700 °F	
	517 MPa @Temperature 316 °C	75000 psi @Temperature 601 °F	
	531 MPa @Temperature 260 °C	77100 psi @Temperature 500 °F	
	545 MPa @Temperature 204 °C	79000 psi @Temperature 400 °F	
	572 MPa @Temperature 148 °C	83000 psi @Temperature 300 °F	
Tensile Strength, Yield	283 MPa	41100 psi	0.2% Offset
	186 MPa @Temperature 538 °C	27000 psi @Temperature 1000 °F	0.2% Offset
	186 MPa @Temperature 593 °C	27000 psi @Temperature 1100 °F	0.2% Offset
	193 MPa @Temperature 482 °C	28000 psi @Temperature 900 °F	0.2% Offset
	200 MPa @Temperature 371 °C	29000 psi @Temperature 700 °F	0.2% Offset
	200 MPa @Temperature 427 °C	29000 psi @Temperature 801 °F	0.2% Offset
	214 MPa @Temperature 316 °C	31000 psi @Temperature 601 °F	0.2% Offset
	234 MPa @Temperature 260 °C	33900 psi @Temperature 500 °F	0.2% Offset
	255 MPa @Temperature 204 °C	37000 psi @Temperature 400 °F	0.2% Offset
	262 MPa @Temperature 148 °C	38000 psi @Temperature 300 °F	0.2% Offset
Specific Heat Capacity	0.450 J/g·°C	0.108 BTU/lb·°F	
Thermal Conductivity	12.1 W/m·K	84.0 BTU·in/hr·ft ² ·°F	at 50°C. 14.8 W/m·K at 200°C. 18.2 W/m·K at 400°C
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	<= 0.030 %	<= 0.030 %	
Chromium, Cr	22.0 - 26.0 %	22.0 - 26.0 %	
Copper, Cu	2.0 - 4.0 %	2.0 - 4.0 %	
Iron, Fe	31.0 %	31.0 %	as remainder
Manganese, Mn	<= 1.0 %	<= 1.0 %	
Molybdenum, Mo	5.0 - 6.70 %	5.0 - 6.70 %	
Nickel, Ni	33.0 - 37.0 %	33.0 - 37.0 %	

Tabla: propiedades del acero carpenter Mo-26.

Fuente: TRONCO RIVAS, MIGUEL (2010) – Diseño de una planta de producción de formaldehído—Universidad de Cádiz

• Factor Y:

Como se puede observar en la tabla para Acero Carpenter 20 Mo-6 a temperaturas inferiores a 900 o F el valor del término Y es 0,4.



Materiales	Temperatura °C (°F)					
	485 (900) o más bajo	510 (950)	540 (1000)	560 (1050)	595 (1100)	620 (1150) o más alto
Aceros ferríticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros austeníticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otros metales dúctiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hierro fundido	0,0	-	-	-	-	-

Tabla: valores del coeficiente Y.

Fuente: TRONCO RIVAS, MIGUEL (2010) – Diseño de una planta de producción de formaldehído–Universidad de Cádiz

- Presión de diseño (PD):

La presión de diseño se calcula como la presión a la que se opera aumentada un 10%: $P = 0,1956 \text{ atm}$, por lo tanto la presión de diseño será de $0,216 \text{ atm}$

- Diámetro exterior de los tubos (D0): El diámetro exterior de los tubos es 0.030 m .

- Margen de tolerancia a la fabricación (M):

Las tuberías sin costura poseen un valor alto de tolerancia a la fabricación, en este caso el margen es de un 12,5%.

- Margen de corrosión (C):

Es esencial tener en cuenta el Código ASME VII-Div.1 al diseñar las unidades de proceso que podrían enfrentar condiciones adversas como corrosión, erosión o abrasión mecánica. Este código establece un margen de corrosión que anticipa la reducción del grosor y, por ende, asegura la durabilidad adecuada del equipo. Los cálculos necesarios deben realizarse bajo condiciones corroídas para validar su precisión.

En el caso de tuberías y depósitos, se considera un desgaste de corrosión de 5 milésimas de pulgada por año. Para equipos principales, como el reactor se utiliza una vida útil estimada de 15 a 20 años, optando por el valor de 15 años para la presente evaluación. Este enfoque garantiza un diseño confiable ante los desafíos potenciales derivados de la corrosión y otros agentes externos.

Se calcula a continuación el valor de C, dando un resultado de $0,1905 \text{ cm}$

Completando en la ecuación planteada anteriormente, se obtiene un valor de $0,155 \text{ pulgadas}$, por lo que se escoge el valor de $0,165 \text{ pulg}$ de la tabla de



Características de los tubos de intercambiadores de calor (normas TEMA), siendo el Do 1 ¼ pulg y el Di de 0,920 pulgadas.

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA CORAZA

Para la determinación del espesor de la coraza se deben indicar con anterioridad una serie de datos:

- Espesor mínimo de pared: Se debe escoger un espesor mínimo de pared, dado por la fórmula de aceros inoxidables del Código ASME VII-Div 1:

$$t_{min} = 2,5 + C$$

Obteniéndose un valor de 6,9 mm

- Presión y temperaturas de diseño (PD y TD):

La presión de diseño se considera la presión de la carcasa más un 10%:

Dando un valor aproximado de 30 psi, y la TD máxima de 284°F

- Tensión máxima admisible (S): Según se puede observar en la Tabla la tensión máxima admisible para acero SA 240 es de 20000 psi para temperaturas que rondan los 300 °F



Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec No.	Type/Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Cond/ Temper	Size/ Thickness, in.	P.No.	Group No.
1	16Cr-11Ni-2Mo	Forgings	SA-182	F316H	S31609	---	> 5	8	1
2	16Cr-11Ni-2Mo	Forgings	SA-182	F316H	S31609	---	> 5	8	1
3	16Cr-11Ni-2Mo	Forgings	SA-336	F316H	S31609	---	---	8	1
4	16Cr-11Ni-2Mo	Forgings	SA-336	F316H	S31609	---	---	8	1
5	16Cr-11Ni-2Mo	Forged pipe	SA-430	FP316H	S31609	---	---	8	1
6	16Cr-11Ni-2Mo	Forged pipe	SA-430	FP316H	S31609	---	---	8	1
7	16Cr-11Ni-2Mo	Forgings	SA-182	F316	S31600	---	≤ 5	8	1
8	16Cr-11Ni-2Mo	Forgings	SA-182	F316	S31600	---	≤ 5	8	1
9	16Cr-11Ni-2Mo	Semis. tube	SA-213	TP316	S31600	---	---	8	1
10	16Cr-11Ni-2Mo	Semis. tube	SA-213	TP316	S31600	---	---	8	1
11	16Cr-11Ni-2Mo	Plate	SA-240	316	S31600	---	---	8	1

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	-20 to 100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	20.0	---	20.0	---	19.4	19.2	18.0	17.0	16.6	16.3	16.1	15.9	15.7	15.6
2	20.0	---	17.3	---	15.6	14.3	13.3	12.6	12.3	12.1	11.9	11.8	11.6	11.5
3	20.0	---	20.0	---	19.4	19.2	18.0	17.0	16.6	16.3	16.1	15.9	15.7	15.6
4	20.0	---	17.3	---	15.6	14.3	13.3	12.6	12.3	12.1	11.9	11.8	11.6	11.5
5	20.0	---	20.0	---	19.4	19.2	18.0	17.0	16.6	16.3	16.1	15.9	15.7	15.6
6	20.0	---	17.3	---	15.6	14.3	13.3	12.6	12.3	12.1	11.9	11.8	11.6	11.5
7	20.0	---	20.0	---	20.0	19.3	18.0	17.0	16.6	16.3	16.1	15.9	15.7	15.6
8	20.0	---	17.3	---	15.6	14.3	13.3	12.6	12.3	12.1	11.9	11.8	11.6	11.5
9	20.0	---	20.0	---	20.0	19.3	18.0	17.0	16.6	16.3	16.1	15.9	15.7	15.6
10	20.0	---	17.3	---	15.6	14.3	13.3	12.6	12.3	12.1	11.9	11.8	11.6	11.5
11	20.0	---	20.0	---	20.0	19.3	18.0	17.0	16.6	16.3	16.1	15.9	15.7	15.6

Tabla: tensiones admisibles para metales

Fuente: TRONCO RIVAS, MIGUEL (2010) – Diseño de una planta de producción de formaldehído–Universidad de Cádiz

- Eficiencia de soldadura (E): Se observa en la tabla UW-12 del código ASME VIII-Div.1 que E toma el valor de 0,85 para una junta a tope con doble cordón u otro método mediante el que se obtenga la misma calidad de soldadura del material depositado, y siendo examinadas las juntas por zonas.

Evaluando las tensiones circunferenciales y longitudinales



$$t_{circ} = \frac{P_D \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P_D}$$

Siendo:

E: eficiencia de soldadura

S: tensión máxima permisible (psi)

R: radio de la carcasa (in)

P_D: presión de diseño (psi)

$$t_{long} = \frac{P_D \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot P_D}$$

Se obtiene un valor de 1,27 mm

El espesor total será entonces de 5,46 mm

Cálculo de espesor mínimo de los cabezales:

$$Esp\ cab = \frac{P \cdot D}{(2 \cdot S \cdot E - 0,2P)} = \frac{30psi \cdot 0,920pul}{(2 \cdot 31000psi \cdot 0,4 - 0,2 \cdot 30psi)}$$

Se le suma la tolerancia por corrosión y se busca el espesor comercial superior más próximo: esp cab=0,8 mm

Altura del reactor:

$$h_{rx} = h_{tubos} + h_{cabezales}$$

Los cabezales se modelizan como semiesféricos, por lo tanto:

$$h_{cabezal} = \frac{D_{rx}}{2} = 0,5326m$$

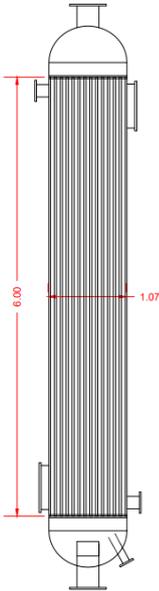
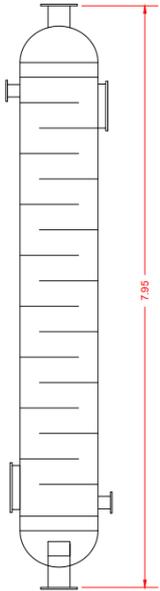
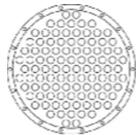
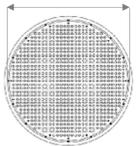
$$h_{rx} = 6\ m + 2 \cdot 0,5326\ m = 7,0652\ m$$

Volumen del reactor:

$$V_{rx} = \pi \left(\frac{D_{rx}}{2} \right)^2 * h_{rx} = 6,23\ m^2$$



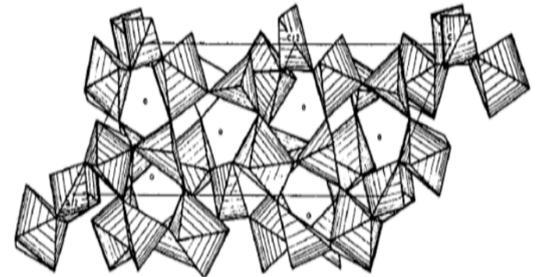
Hoja de especificación

UTN- FRLP	HOJA 1/2 DE ESPECIFICACIÓN REACTOR DE OXIDACIÓN DE METANOL		INTEGRACIÓN V - PROYECTO FINAL
DENOMINACIÓN: Reactor de oxidación de metanol			
UNIDAD: R-101			
SERVICIO: Convierte el metanol en formaldehído por oxidación directa con oxígeno			
DATOS DE OPERACIÓN			
		Tubos (Corriente Proceso)	Coraza (Agua Enfriamiento)
CAUDAL DE OPERACIÓN	kg/h	13719	1885
TEMPERATURA DE OP.(IN/OUT)	°C	300//300	29//150
PRESIÓN OP.	kg/cm ²	3	2
FRACCIÓN DE VAPOR	(mol/mol)	1//1	0//1
DENSIDAD (IN/OUT)	kg/m ³	1,792	997//0,763
DATOS CONSTRUCTIVOS			
MAZO DE TUBOS		ESQUEMA	
MATERIAL	Carpenter 20 Mo-6		
N° TUBOS		240	
LONGITUD	m	6	
DO	m	0,0300	
DI	m	0,021	
ARREGLO	Cuadrado rotado 45°		
CORAZA			
MATERIAL	ASTM A533		
PRESIÓN DE DISEÑO	kg/cm ²	4,5	
GEOMETRÍA CUERPO	Cilíndrica		
GEOMETRÍA CASQUETE	Semiesférico		
ALTURA DEL CASQUETE	m	0,355	
ALTURA DEL CUERPO	m	6	
ALTURA TOTAL	m	8	
DI	m	1,0652	
ESPESOR CUERPO	mm	0,8	
ESPESOR CASQUETE	mm	0,8	
CONEXIONES			
ALIMENTACIÓN	PARTE SUPERIOR		
SALIDA DE	PARTE INFERIOR		
			
			



PRODUCTOS		
DATOS DE DISEÑO		
TEMPERATURA DE DISEÑO	°C	300
PRESIÓN DE DISEÑO	kg/cm ²	4,5
PÉRDIDA DE CARGA	kg/cm ²	0,35
PÉRDIDA DE CARGA ADMISIBLE	kg/cm ²	0,45
CONVERSIÓN		100%

UTN- FRLP	HOJA 2/2 DE ESPECIFICACIÓN REACTOR DE OXIDACIÓN DE METANOL	INTEGRACIÓN V - PROYECTO FINAL
DENOMINACIÓN: Catalizador soportado Fe-Mo		
UNIDAD: R-101		
SERVICIO: Catalizador de unidad de reacción R-101		
DATOS CATALIZADOR		
TIPO	Fe-β-MoO ₃	
GEOMETRIA	Esférica	
POROSIDAD	0,4	
DENSIDAD	kg/m ³	1666,67
RESISTENCIA EN BULK	kg/cm ²	30
CAPACIDAD CALORIFICA	kJ/kg K	1
DATOS DE LECHO CARGADO DE CATALIZADOR		
DENSIDAD	kg/m ³	590
MASA DE CATALIZADOR	Kg	36900
PROVEEDOR	QUIMINET	



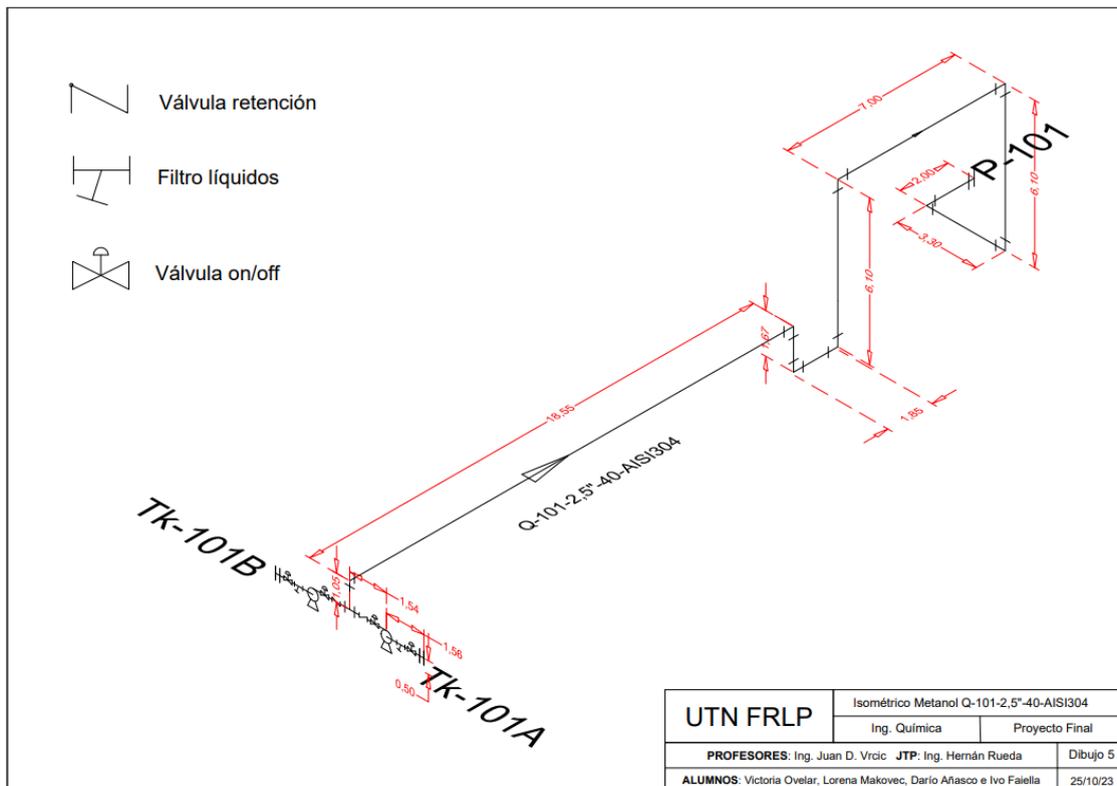


6.4.2 Selección de la bomba P-101

Para el diseño del sistema de tuberías y los cálculos asociados a la especificación de la bomba de proceso, se llevaron a cabo los siguientes pasos detallados.

Los tramos de tubería a considerar abarcan aquellos detallados en el plano isométrico presentado a continuación. La definición y descripción de cada tramo se derivan directamente de este plano, utilizando las designaciones de los equipos que marcan su inicio y fin. El material empleado para las tuberías será AISI 304, ya que es el recomendado por el Methanol Institute.

A continuación se adjunta el isométrico:





1) **Diámetro de cañerías:**

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Tabla: velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.

Fuente: Cátedra operaciones Unitarias I 2022, UTN FRLP.

Para líquidos poco viscosos según la tabla anterior se recomienda:

Aspiración de la Bomba: 0,3 - 0,9 m/s

Impulsión de la Bomba: 1,2 - 3 m/s

Calculamos el caudal volumétrico, Q:

$$Q = 0,00352 \frac{m^3}{s}$$

Para la sección de aspiración, suponiendo una velocidad lineal de 0,3 m/s:

$$A_{\text{aspiración}} = \frac{Q}{v} = \frac{0,00352 \frac{m^3}{s}}{0,3 \frac{m}{s}} = 0,0117 m^2$$

$$D_{\text{aspiración}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 0,12 m$$



Diámetro Nominal NPS Pulgadas in.		Diámetro Exterior Real (in.) mm.		Espesor de Pared Pulgadas (in.) Milímetros (mm.)		Identificación Weight Class Schedule		Peso del Tubo lb/pie kg/m		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
										Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88.9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114.3	0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
				0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
				0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197

Tabla: Diámetros nominales de cañerías.

Fuente: Cátedra operaciones Unitarias I 2022, UTN FRLP.

De tabla anterior, se selecciona un diámetro nominal de 4 " Sch. 40.

Recalculamos:

$$A_{\text{aspiración}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0.1016 \text{ m})^2}{4} = 8,107 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v_{\text{aspiración}} = \frac{Q}{A_{\text{aspiración}}} = \frac{0,00352 \text{ m}^3}{8,107 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 0,434 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como $0,3 \text{ m/s} < v_{\text{aspiración}} < 0,9 \text{ m/s}$ entonces se acepta el diámetro nominal de 1 1/2 " Sch 40.

Para la impulsión de la bomba, se supone una v velocidad lineal de 1,2 m/s:

$$A_{\text{impulsión}} = \frac{Q}{v} = \frac{0,00352 \text{ m}^3}{1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$



$$D \text{ aspiración} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 0,061 \text{ m}$$

Realizando el mismo cálculo que para la aspiración, se obtiene un diámetro de impulsión y se selecciona de tabla un diámetro nominal de 2 ½ " (Sch. 40).

Recalculamos:

$$A \text{ impulsión} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,0635 \text{ m})^2}{4} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v \text{ impulsión} = \frac{Q}{A_{\text{impulsión}}} = \frac{0,00352 \text{ m}^3}{3,16 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Lo cual da dentro de las velocidades recomendadas.

2) Propiedades físicas de la corriente

- $\rho = 794,499 \text{ kg/m}^3$
- $\mu = 0,55435 \text{ cp}$
- $T^\circ = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- $P \text{ entrada} = 1 \text{ kg/cm}^2$

3) Accesorios

Sección aspiración:

- 1 Válvula On/Off
- 1 Filtro
- 2 bridas

Sección impulsión:

- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula On/Off
- 8 Codos 90°
- 1 Codo T
- 2 bridas

4) Altura de la bomba:

La misma se calcula aplicando un balance de energía mecánico entre las bridas de aspiración e impulsión de la bomba.

$$E \text{ aspiración} = E_a = \frac{P_a}{\rho} + gza + \frac{v_a^2}{2a}$$



$$E \text{ impulsión} = E_b = \frac{P_b}{\rho} + g z_b + \frac{v_b^2}{2b}$$

$$\text{Bomba} = E_b - E_a$$

$$W_{\text{bomba}} = \frac{P_b - P_a}{\rho} + g(z_b - z_a) + \frac{v_b^2 - v_a^2}{2a}$$

Como $p = \rho * g * h$ entonces:

$$H_{\text{bomba}} = \frac{P_b - P_a}{\rho \cdot g} + (z_b - z_a) + \frac{v_b^2 - v_a^2}{2 \cdot g \cdot a}$$

$$H_{\text{Bomba}} = H_b - H_a$$

a) Calculamos H_a

$$H_a = \frac{P_a}{\rho \cdot g} + z_a + \frac{v_a^2}{2 \cdot g \cdot a} - \frac{E_v}{g}$$

- $Z_a = 0 \text{ m}$
- $V_a = 0,432 \text{ m/s}$
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$
- $P_a = 196131 \text{ Pa}$
- $E_v = \frac{1}{2} \cdot e_v \cdot v_a^2$
- $e_v = 4 \cdot \frac{L}{D} \cdot f$
- $\frac{L}{D} = \frac{L_{\text{tramo recto}} + L_{\text{eq accesorios}}}{D}$
- $D = 0,1016 \text{ m}$
- $L_{\text{tramo recto}} = 1,56 \text{ m}$
- $L_{\text{eq}} = 2 \text{ bridas} + 1 \text{ filtro} + 1 \text{ válvula on/off} = 2,48 \text{ m}$
- $L = 4,04 \text{ m}$
- $Re = \frac{\rho \cdot V_a \cdot D_a}{\mu} = 58521,6$

Régimen turbulento, por lo tanto $\alpha = 1$

$$e_{\text{acero}} = \frac{\epsilon}{D} = \frac{0,000045}{0,1016} = 7,08 \cdot 10^{-4}$$

Del siguiente diagrama se obtiene un $f = 0,023$

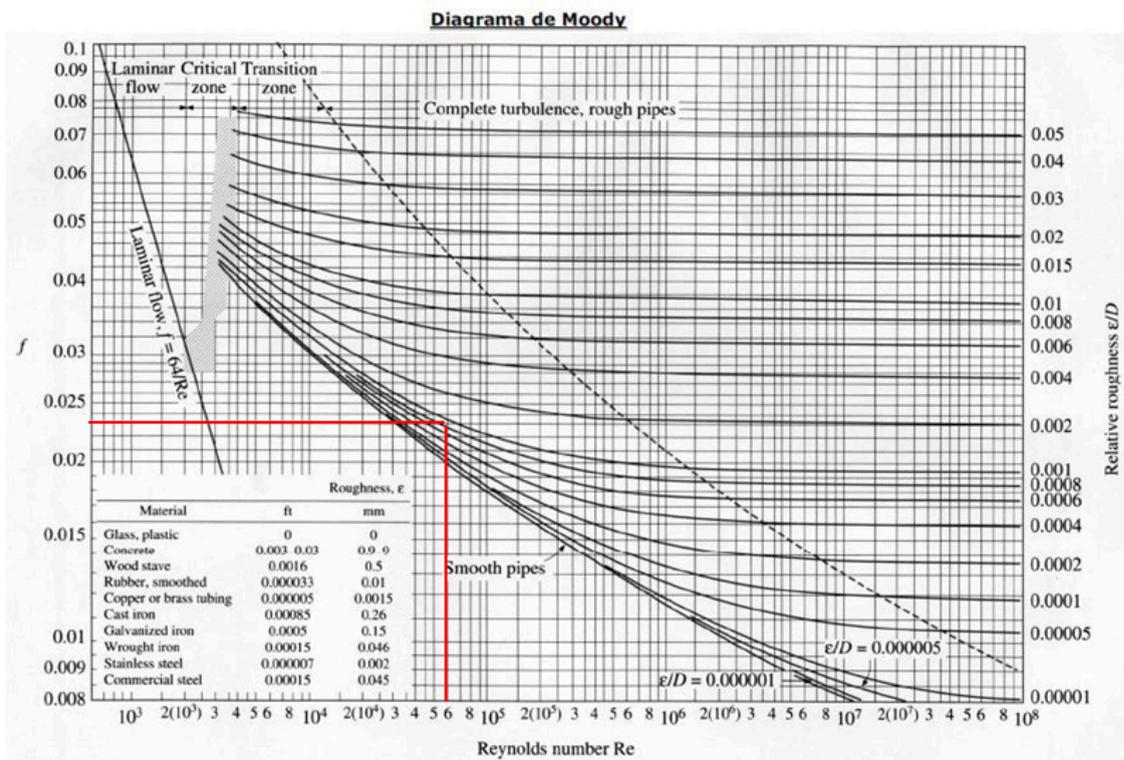


Gráfico: Diagrama de Moody.

Fuente: Cátedra operaciones Unitarias I 2022, UTN FRLP.

Por lo tanto:

$$ev = 4 \cdot \frac{L}{D} \cdot f = 4 \cdot \frac{4,04}{0,1016} \cdot 0,023 = 3,65$$

$$Ev = \frac{1}{2} \cdot ev \cdot va^2 = 0,34 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Reemplazando en Ha se obtiene: Ha= 14,99 m

b) Calculamos Hb

$$Hb = \frac{Pb}{\rho \cdot g} + zb + \frac{vb^2}{2 \cdot g \cdot a} + \frac{Ev}{g}$$

- Zb= 0 m
- Vb= 1,2 m/s
- g= 9,8 m/s²
- ρ= 800 kg/m³
- Pb= 230756 Pa



- $E_v = \frac{1}{2} \cdot e_v \cdot v_b^2$
- $e_v = 4 \cdot \frac{L}{D} \cdot f$
- $\frac{L}{D} = \frac{L_{\text{tramo recto}} + L_{\text{eq accesorios}}}{D}$
- $D = 0,0635 \text{ m}$
- $L_{\text{tramo recto}} = 49,13 \text{ m}$
- $L_{\text{eq}} = 1 \text{ válvula de retención} + 1 \text{ válvula exclusiva} + 11 \text{ codos } 90^\circ = 11,61 \text{ m}$
- $L = 60,74 \text{ m}$
- $Re = \frac{\rho \cdot V_b \cdot D_a}{\mu} = 101600$

Al estar en estado de turbulencia $\alpha = 1$

$$e_{\text{acero}} = \frac{\epsilon}{D} = \frac{0,000045}{0,0635} = 7,08 \cdot 10^{-4}$$

Del diagrama anterior se obtiene un $f = 0,02$

$$E_v = \frac{1}{2} \cdot e_v \cdot v_b^2 = 55,09 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$e_v = 4 \cdot \frac{L}{D} \cdot f = 76,52$$

Reemplazando en H_b :

$$H_b = 28,88 \text{ m}$$

Por lo tanto $H_{\text{bomba}} = H_b - H_a$

$$28,88 - 14,99 = 13,89$$

5) Potencia teórica, WHP

Es la potencia entregada al fluido y se calcula como:

$$WHP = Q \cdot g \cdot H$$

Donde:

- Q: Flujo másico
- H: Altura total
- g: aceleración de la gravedad.

$$WHP = 0,00352 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 13,89 * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 479,14 \text{ kgm}^2/\text{s}^3$$

$$WHP = 0,642 \text{ HP}$$



6) Potencia al freno, BHP

Es la potencia suministrada al eje de la bomba.

$$BHP = \frac{WHP}{\eta} = \frac{0,642}{0,34} = 1,88 \text{ HP}$$

7) Altura neta positiva de aspiración, NPSH o ANPA

$$ANPA \text{ disponible} = \frac{P_a - P_v}{\rho \cdot g} + z_b + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{E_v}{g}$$

$$ANPA \text{ disponible} = 17,82 \text{ m}$$

8) Selección de bomba estándar

- Q en gpm (USA) Q=55,79 gpm
- H= 13,89 m
- WHP= 0,645 HP

Criterio de selección de la bomba:

Después de realizar los cálculos previos, se procede a la selección de una bomba adecuada para el tipo de fluido que se va a transportar. La selección recae en la bomba modelo "HYGINOX SE" perteneciente al catálogo de la empresa "INOXPA", la cual está diseñada específicamente para aplicaciones industriales y químicas.

Se selecciona el modelo SE-35 con base en el caudal y la altura total H, según lo indicado en el diagrama de cobertura hidráulica. A continuación, se presenta el diagrama correspondiente a la bomba elegida.

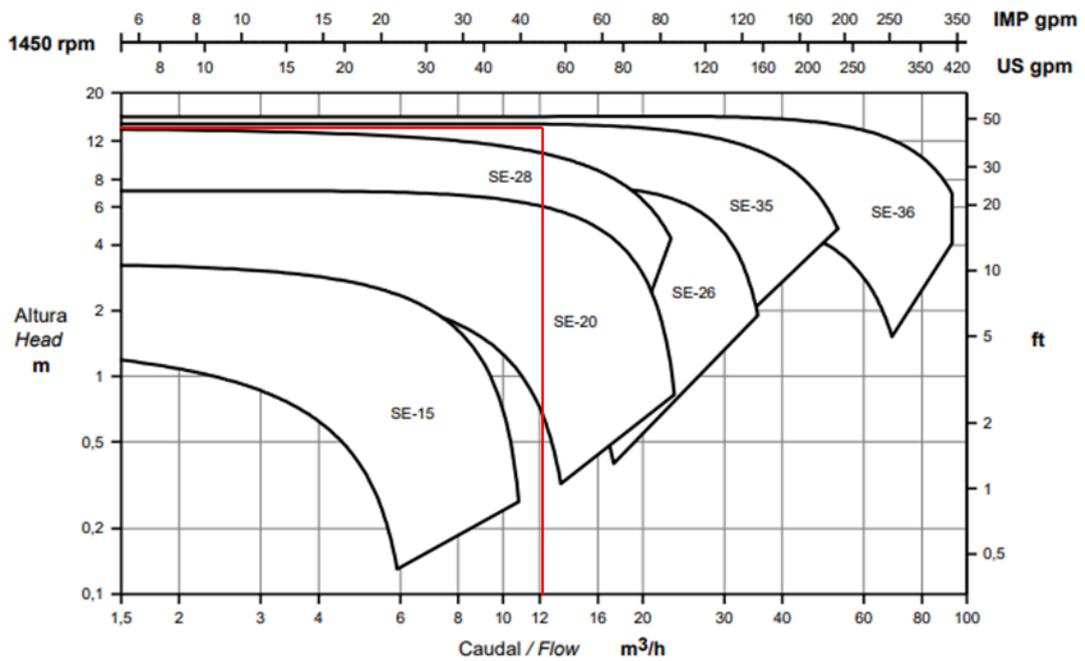


Gráfico: Diagrama de cobertura hidráulica.

Fuente: <https://www.inoxpa.es/uploads/document/Corbes/SE/01.011.12.0028.pdf>

Según el siguiente gráfico la eficiencia será de 30%

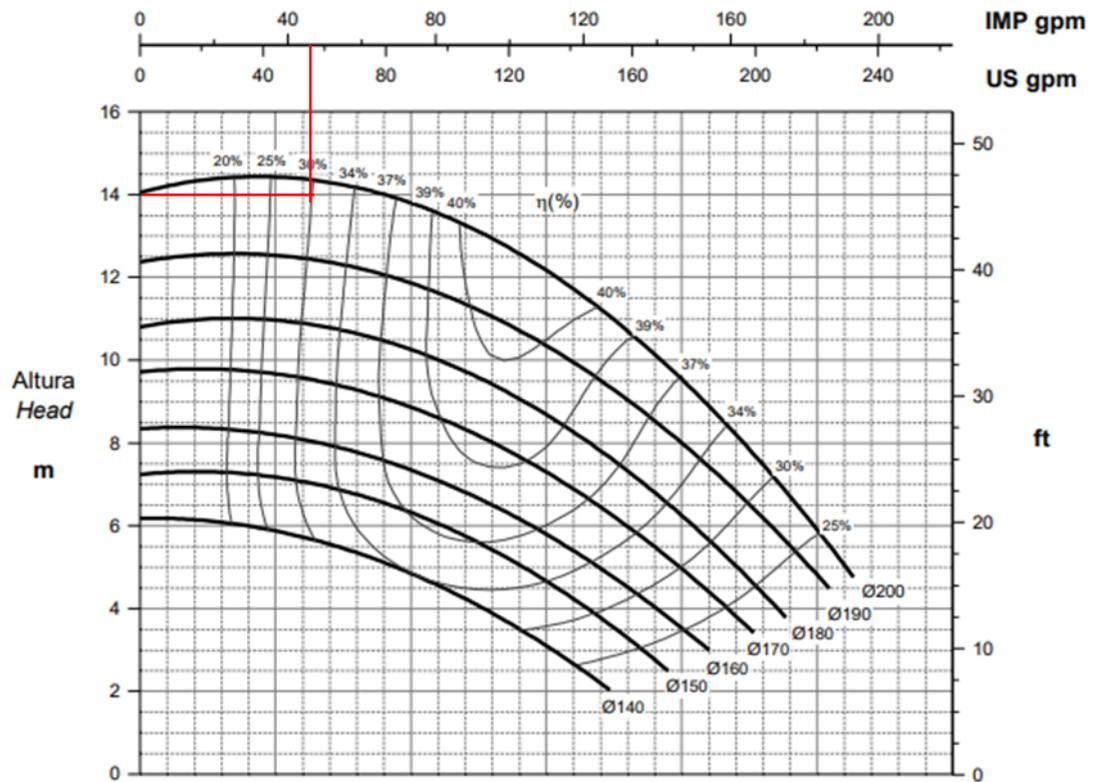


Gráfico: Diagrama de eficiencia de la bomba SE-35

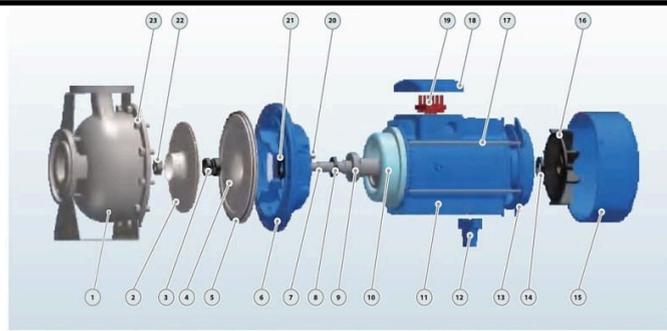
Fuente: <https://www.inoxpa.es/uploads/document/Corbes/SE/01.011.12.0028.pdf>



UTN FRLP	HOJA DE DATOS	INTEGRACIÓN V
DENOMINACIÓN: BOMBA CENTRÍFUGA		
UNIDAD: P-101		
SERVICIO: CARGA DEL REACTOR		
ESPECIFICACIONES		
CAUDAL	kg/h	1018,56
POTENCIA REQUERIDA	HP	0,642
ALTURA DE DISEÑO	m	14
ANPA DISPONIBLE	m	17,8
DATOS DE DISEÑO		
FLUIDO	-	METANOL
TEMPERATURA	°C	29
VISCOSIDAD	Kg/m s	6x10-4
DENSIDAD	kg/m ³	800
PRESIÓN DE VAPOR	kPa	56.2
DATOS CONSTRUCTIVOS		
MODELO/PROVEEDOR	INOXPA.SAU, HYGINOX SE-35	
POTENCIA DEL MOTOR	HP	5,5
DIÁMETRO DE ENTRADA	cm	10.16
DIÁMETRO DE SALIDA	cm	6.35
TIPO DE IMPULSOR	CENTRIFUGO ABIERTO	
DIÁMETRO DEL IMPULSOR	mm	145
CAUDAL MÁXIMO	m ³ /h	145
ALTURA MÁXIMA	m	90
CONFIGURACIÓN	HORIZONTAL	
TIPO DE CONEXIÓN	AXIALES	
TEMPERATURA MAX	°C	140
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	AISI 304	
FRECUENCIA	Hz	50
VELOCIDAD	rpm	1450
ANPA REQUERIDO	m	60
EFICIENCIA	%	40



Esquema



No.	Description Descripción	Material Material	No.	Description Descripción	Material Material	No.	Description Descripción	Material Material
1	Pump Case Cuerpo de Bomba	SS304 Inox 304	9	Bearing Rodamiento	Ball Bearing Bola Rodamiento	17	Through Bolt Perno	Steel Acero
2	Impeller Impulsor	SS304 Inox 304	10	Wound Stator/Rotor Estator/Rotor	Silicon/Copper Silicio/Cobre	18	Terminal Box Caja Bornas	Aluminum Aluminio
3	Mechanical Seal Cierre Mecánico	SiC/Carbon/SS304 SiC/Carbon/Inox304	11	Motor Case Cuerpo Motor	Aluminum Aluminio	19	Terminal Board Tablero Bornas	Plastic Plástico
4	Baffle plate Placa de baffle	SS304 Inox 304	12	Support Foot Soporte Pie	Plastic Plástico	20	Impeller Key Chaveta	Iron Hierro
5	O-ring Junta Torque	Rubber Caucho	13	Back Cover Tapa Trasera	Cast Iron Fundición	21	Water Deflector Deflector	Rubber Caucho
6	Connection Lien	Cast Iron Fundición	14	Reinforced Seal Sello Reforzado	Rubber Caucho	22	Impeller Nut Nuez	Galvanized Steel Acero Galvanizado
7	Shaft Eje	SS304 Inox 304	15	Fan Cover Tapa	Aluminum Aluminio	23	Connection Bolt Boulon de conexión	Steel Acero
8	Reinforced Seal Sello Reforzado	Rubber Caucho	16	Fan Ventilador	Plastic Plástico			



6.4.3 Diseño del tanque de materia prima TK-101

Los tanques TK-101 A y B, funcionarán como tanques de almacenamiento de la materia prima recibida por tubería.

El material empleado para su fabricación será acero inoxidable AISI 304, ya que es el recomendado por el Methanol Institute para el almacenamiento de metanol en condiciones ambientales.

Se diseñará siguiendo las normas API 650 y 653 de montaje y construcción de tanques soldados de acero.

Se define una capacidad de almacenamiento de 10 días. Cada tanque tendrá una capacidad de almacenamiento de 5 días, rotando de recepción a entrega en ciclos de 5 días.

En el caso de que ocurra una parada en el abastecimiento de materia prima, se contará con un stock de seguridad para poder continuar la producción sin inconvenientes, garantizando una operación continua ante una eventualidad.

El caudal de metanol es:

$$Q_{Metanol} = 1,268 \frac{m^3}{h}$$

Siendo el tanque de forma cilíndrica, se calcula el volumen de cada tanque para almacenar metanol por 5 días, lo que arroja un valor de 152 m³. A lo que se le debe sumar un adicional de 4% como factor de seguridad. Por ende, el volumen del tanque será de 160 m³, redondeando.

Conociendo el volumen, se estima un radio y se calcula la altura de la siguiente manera:

$$h = \frac{V}{r^2 \pi}$$

Usando un diámetro de 6 m, se obtiene una altura de tanque de 5.66 m.



Con estas dimensiones, el tanque tiene una relación $h/D = 0.94$, que como es un valor debajo de 1, se considera que cumple con la buena práctica de diseño.

Ahora bien, a la altura del tanque es necesario agregar 1 metro más. Medio metro para espacio de aire en la parte superior. Y medio metro en el fondo, fijado por un tabique, cuya función es evitar que la bomba de extracción succione partículas sólidas del fondo.

La altura del tanque quedará entonces en 6.66 m.

Seguimos calculando el recinto de contención. El mismo será de forma cuadrada y debe de tener un largo de lado igual a dos veces el diámetro del tanque, en este caso 12 m. A su vez debe ser capaz de contener todo el volumen del tanque (contando con la fracción no-útil del fondo), más un 10% de factor de seguridad.

De esta forma, el volumen a contener será de 191 m^3 . Con lo cual podemos calcular la altura del mismo, la cual nos arroja un valor de 1.7 m.

Por lo tanto, el recinto quedaría con unas dimensiones de $12 \times 12 \times 1.7 \text{ m}$.

Cálculo de espesor de tanque utilizando norma ASME sección VIII.

$$t = c + \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P}$$

Siendo:

- R: Radio del tanque, 3000 mm.
- S: Tensión máxima admisible del material, 1733 kg/cm^2 .
- E: Eficiencia de la soldadura, 0.85.
- c: Sobreepesor por corrosión, 3 mm.
- P: Presión de diseño, 1 kg/cm^2 .

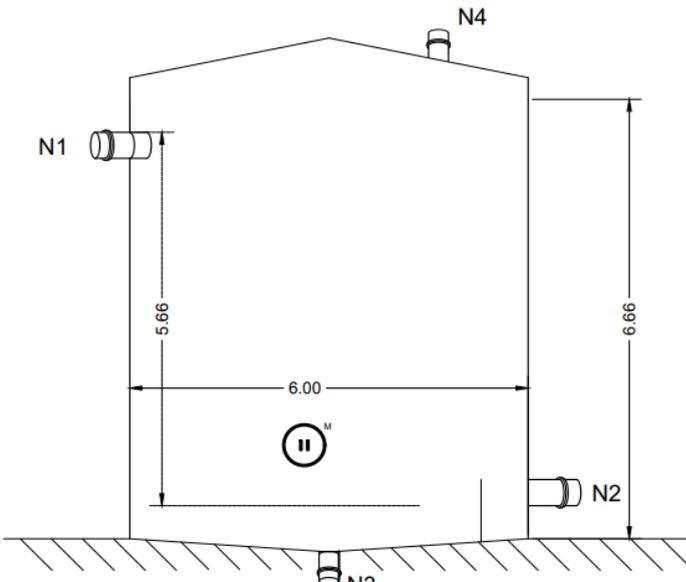
Se calcula un espesor de tanque de 5 mm.

En la planta existen otros 4 tanques, que por fines prácticos tendrán las mismas dimensiones que los diseñados en este apartado, y lo mismo para sus recintos.



Se cargará el tanque por la parte superior, justo por debajo del límite de medio metro de tope, y se descargará por su parte inferior, justo por encima del tabique. Contará también con un drenaje ubicado por debajo del tabique del lado contrario a la salida de materia prima, en su parte superior tendrá un venteo y válvula de seguridad, y sobre una de las paredes se encontrará la entrada de hombre.



UTN - FRLP	HOJA DE ESPECIFICACIÓN TANQUE ATMOSFÉRICO DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA	INTEGRACIÓN V PROYECTO FINAL
DENOMINACIÓN: Tanque de materia prima		
UNIDAD: Tk-101		
SERVICIO: Almacenamiento y descarga de materia prima		
DATOS DE OPERACIÓN		
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	29	°C
PRESIÓN DE OPERACIÓN	1	kg/cm ²
VOLUMEN MÁXIMO	160	m ³
DENSIDAD	791,7	kg/m ³
DATOS CONSTRUCTIVOS		
TIPO	TECHO FIJO	
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE AISI 304	
ALTURA	6,66	m
DIÁMETRO	6	m
ESPESOR TANQUE	5	mm
GEOMETRÍA TANQUE	CILÍNDRICO	
GEOMETRÍA TECHO	FIJO A DOS AGUAS	
PRESIÓN DISEÑO	3	kg/cm ²
TEMPERATURA DISEÑO	50	°C
ESQUEMA		
 <p>N1: Entrada Metanol N2: Salida Metanol N3: Desagote N4: Venteo y valvula seguridad M: Puerta de hombre</p>		



6.4.4 Intercambiador de calor E-105:

El intercambiador E-105 es el que se encarga de enfriar la corriente proveniente de la columna T-102 que se mezcla con corriente de agua fresca para la entrada a la columna T-101 mediante un intercambio de calor con agua líquida.

Ubicación de los fluidos:

El agua de enfriamiento circulará por el ánulo, mientras que la de proceso circulará por los tubos.

Cálculo de la Temperatura media para evaluar las propiedades físicas:

Tipo	Agua Enfriamiento	Agua Proceso
T entrada (°C)	29	106,8
T salida (°C)	45	50

$$Th_m = Th_s + F_c * (Th_0 - Th_s)$$

$$Tc_m = Tc_0 + F_c * (Tc_s - Tc_0)$$

El factor F_c se obtiene del Gráfico 1, utilizando como datos “c” y $\Delta t_c/\Delta t_h$

$$c = \frac{\Delta T_h - \Delta t_c}{\Delta T_h} = 1,16$$

$$\frac{\Delta t_c}{\Delta T_h} = 0,115$$

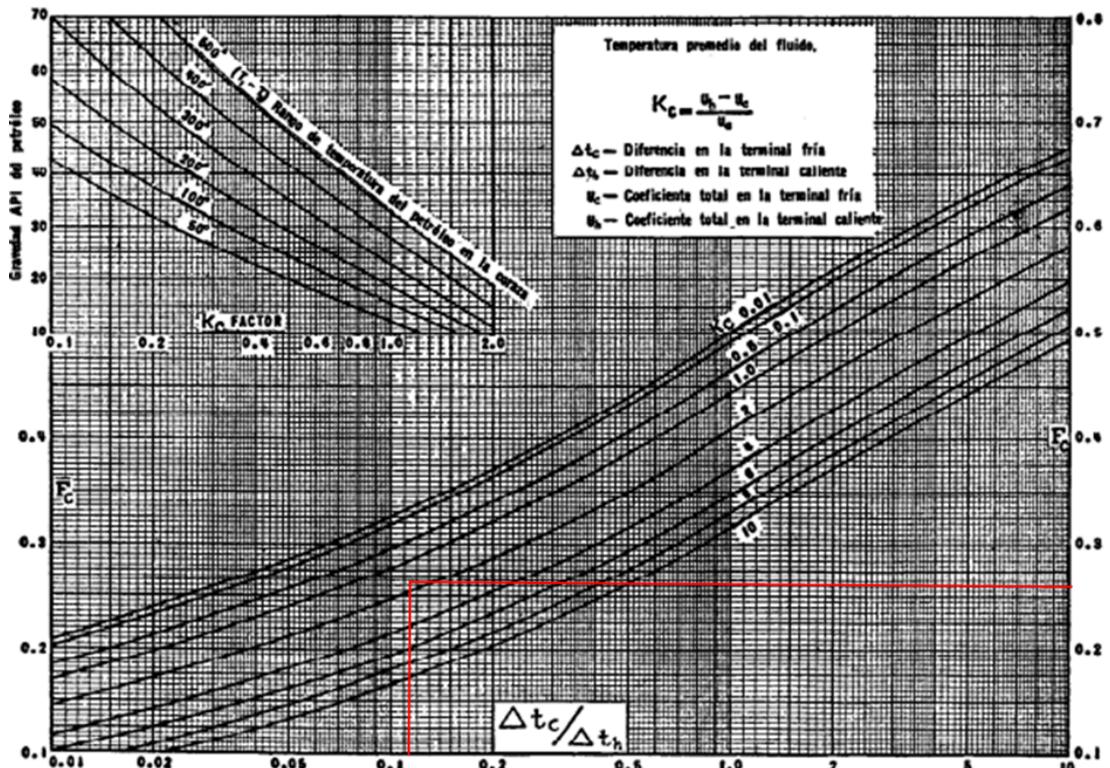


Gráfico: FC.

Fuente: Cátedra de Tecnología de la energía térmica 2022, UTN frlp.

$$F_c = 0,25$$

Una vez obtenido el F_c de gráfico, se calcula la temperatura del fluido frío y la temperatura del fluido caliente: siendo T corriente fría: $33\text{ }^\circ\text{C}$ y T corriente caliente: $64,2\text{ }^\circ\text{C}$.

Determinación de las propiedades físicas:

Se especifican las siguientes: viscosidad (μ), calor específico (c_p), conductividad térmica (k) y la densidad (ρ).

Sustancia	ρ [kg/m ³]	μ [kg/ms]	k [J/msK]	C_p [J/kgK]	Caudal (kg/s)	T media (°C)
Caliente	980	0.00040	0.56	4182	8,14	66,62
Fría	994,79	0.0007	0.53	4178	33,54	33

Cálculo de la Temperatura media efectiva, ΔT_e :

Cálculo de la MLTD:



$$\Delta T_{mlcc} = \frac{[(106,8-45)-(50-29)]}{(106,8-45)/(50-29)} = 37,799^{\circ}C$$

Balance de Calor:

Proceso::

$$Q_c = Q_h = 3,28 \text{ Kg/s} * 4180 \text{ J/kg}^{\circ}C * 56,8^{\circ}C = 778750,72 \text{ J/s}$$

Agua:

$$m. \text{ agua} = \frac{778750,72 \text{ J/s}}{4180 \text{ J/Kg}^{\circ}C * 16^{\circ}C} = 11,64 \text{ Kg/s}$$

Selección de dimensiones

Se utilizará como nomenclatura:

Di: diámetro interno del tubo interno

Do: diámetro externo del tubo interno

Ds: diámetro interno del tubo externo

D: diámetro externo del tubo externo

Tubo interno

Se evalúa el área de flujo con una velocidad de 1 m/s.

Densidad: 985 kg/m³

$$at = \frac{m}{\rho v} = 0,003 \text{ m}^2$$

$$at = \frac{\pi \cdot Di^2}{4}$$

$$Di = 0.06 \text{ m} = 2,34 \text{ in}$$

Se selecciona un tubo interno de diámetro nominal 2 1/2 in, con Cédula 40 (estándar).

- Di = 2.469 in=0,0627 m



- $D_o = 2.88 \text{ in} = 0.0732 \text{ m}$

Se recalcula la velocidad en el tubo interno con el valor preciso de D_i y se obtiene $v = 0.9 \text{ m/s}$.

Tubo externo

Se obtienen de la siguiente tabla los datos pertinentes:

Combinaciones comunes para intercambiadores doble tubo
(Dimensiones en pulgadas)

ϕ Tubo Externo	ϕ Tubo Interno					
2	3/4	1	1 1/4			
2 1/2	3/4	1	1 1/4			
3	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	
4	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3

Tabla: Combinaciones típicas de doble tubo

Fuente: Cátedra de Tecnología de la Energía Térmica (2022)

Se selecciona entonces un tubo externo de diámetro nominal 4 in, con Cédula 40 (estándar).

- $D_s = 4.026 \text{ in} = 0.1022 \text{ m}$
- $D = 4.5 \text{ in} = 0.1143 \text{ m}$

Se calcula la velocidad en el ánulo y se obtiene $v = 2.12 \text{ m/s}$.



Tamaño nominal del tubo, IPS plg	DE, plg	Cédula No.	DI, plg	Área de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lineal, pies ² /pie		Peso por pie lineal, lb de acero
					Exterior	Interior	
1/8	0.405	40*	0.269	0.058	0.106	0.070	0.25
		80†	0.215	0.036		0.056	0.32
1/4	0.540	40*	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80†	0.302	0.072		0.079	0.54
3/8	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141		0.111	0.74
1/2	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235		0.143	1.09
3/4	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432		0.194	1.48
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17
1 1/4	1.66	40*	1.380	1.50	0.435	0.362	2.28
		80†	1.278	1.28		0.335	3.00
1 1/2	1.90	40*	1.610	2.04	0.498	0.422	2.72
		80†	1.500	1.76		0.393	3.64
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03
2 1/2	2.38	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23		0.609	7.67
3	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61		0.760	10.3
4	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
		80†	3.826	11.5		1.002	15.0

Tabla: Datos de tubos para condensadores e intercambiadores de calor.

Fuente: Kern, D. (1999). Procesos de transferencia de calor

Estimación del coeficiente global de transferencia de servicio, Ud (sucio):



Enfriadores

Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250500 ⁴
Metanol	Agua	250-500 ⁴
Amoniaco	Agua	250500 ⁴
Soluciones acuosas	Agua	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras ¹	Agua	75-150
Sustancias orgánicas medias ²	Agua	50-125
Sustancias orgánicas pesadas ³	Agua	5-75
Gases	Agua	2-50
Agua	Salmuera	100-200
Sustancias orgánicas ligeras	Salmuera	40-100

Tabla: Valores aproximados de los coeficientes totales para el diseño.

Fuente: Kern, D. (1999). Procesos de transferencia de calor

Se utiliza el U_d más alto del rango que aparece en la tabla ya que mejora la transferencia y el área es menor.

$$U_d = 500 \frac{BTU}{hft^2 \cdot ^\circ F} = \frac{10220914J}{hm^2 \cdot ^\circ C}$$

Para ser más precisos, se calculará el valor U por medio de los coeficientes peliculares según la siguiente fórmula:

$$1/U = 1/h_{io} + 1/h_o + R_f$$

Fluido caliente: tubo interno

$$a_t = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = 4,78 \text{ pulg}^2 = 0,003 \text{ m}^2$$

$$G = \frac{m}{a_t} = 1093,33 \frac{kg}{m^2s}$$

$$Re = \frac{D \cdot G}{\mu} = 244827,825$$

$$Pr = \frac{cp \cdot \mu}{k} = 1,59$$

Régimen turbulento

$$\frac{h_i \cdot d_i}{k} = Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.33}$$

Por lo tanto h_i tendrá un valor de $5950 \text{ W/m}^2\text{C}$



$$h_{io} = \frac{h_i \cdot d_i}{d_o}$$

$$h_{io} = 5096,53 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Fluido frío: ánulo

$$Deq = (D1^2 - D2^2)/D = 0,07 \text{ m}$$

$$a_t = \frac{\pi \cdot Deq^2}{4} = 0,0045 \text{ m}^2$$

$$G = \frac{m}{a_t} = 2577,77 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$Re = \frac{D \cdot G}{\mu} = 18994,15$$

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{k} = 6,4$$

Régimen turbulento

$$\frac{h_o \cdot deq}{k} = Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.33}$$

$$h_o = 995,30 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Utilizando la bibliografía de la cátedra Tecnología de la Energía Térmica UTN FRLP 2022, se utiliza como valor de referencia, el siguiente valor de ensuciamiento:

$$R_f = 0.0005 \text{ Cm}^2/\text{W}$$

Reemplazando en la ecuación planteada al inicio, $U = 587,91 \text{ W/m}^2\text{C}$

Cálculo de T_w y ajuste de coeficientes

Si el fluido de los tubos es el caliente, se aplica la siguiente ecuación:

$$h_{io}(T - T_w) = h_o(T_w - t)$$

Donde:

$$T = T_{hm} = 64,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = T_{cm} = 33 \text{ }^\circ\text{C}$$

Por lo tanto $t_w = 55,7 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\mu_w = 0.00057 \text{ kg/ms}$$

Se recalculan los coeficientes peliculares



Régimen turbulento. Fluido caliente

$$\frac{hi \cdot di}{k} = Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.33} (\mu/\mu_w)^{0.14}$$

Por lo tanto hi tendrá un valor de 5384,77 W/m²C

$$h_{io} = \frac{hi \cdot di}{do}$$

$$h_{io} = 4612,36 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Régimen turbulento. Fluido frío

Régimen turbulento

$$\frac{ho \cdot deq}{k} = Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.33} (\mu/\mu_w)^{0.14}$$

$$h_o = 1475,75 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Reemplazando con estos nuevos valores, U=717,14 W/m²C

Cálculo del área

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ML}$$

$$A = 3,4 \text{ m}^2$$

Con esta área el L de los tubos da un valor que excede los 6 m recomendados, por lo que se sugiere utilizar 2 equipos de igual tamaño y características dispuestos en serie.

Por lo que A/2 = 1,7m² cada equipo

Cálculo de la longitud de tubos

$$L = A/\pi D_o$$

$$L = 6 \text{ m}$$

Cálculo de la pérdida de carga:

$$\Delta P = 4f \cdot \frac{L}{Di} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \cdot (\mu/\mu_w)^{0.14}$$

Para tubos de acero al carbono se sugiere:

$$f = 0,0035 + \frac{0,264}{Re^{0.42}}$$



Tubo interno:

$$\Delta P1 = 569,73 \text{ kg/s}^2\text{m}$$

Tubo externo:

$$\Delta P2 = 8302 \text{ kg/s}^2\text{m}$$

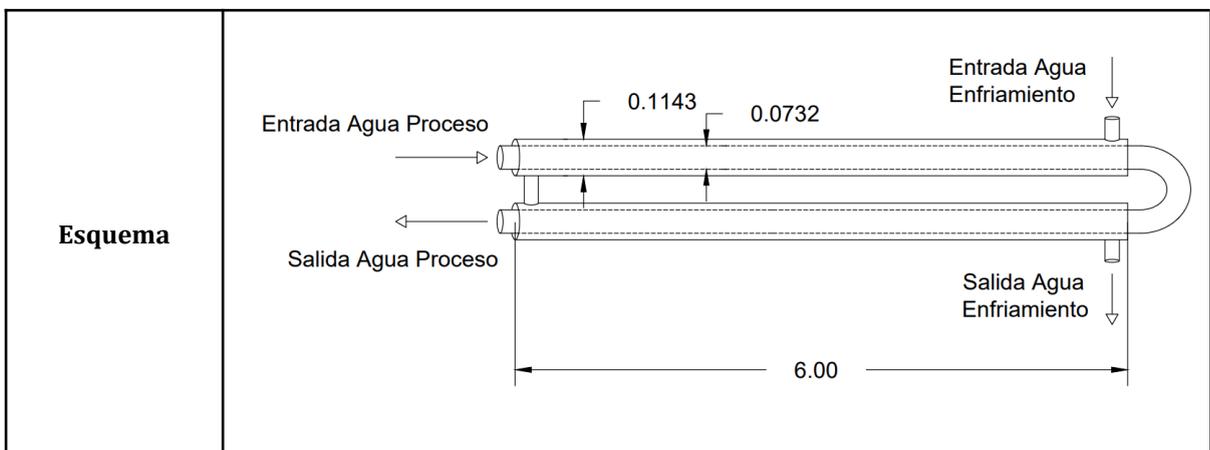
$$\Delta P_{\text{total}} = 8871,73 \text{ kg/s}^2\text{m} = 0,087 \text{ atm}$$

La pérdida de carga está por debajo de la admisible, que es el 10% de la presión inicial.

UTN- FRLP	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR E-105		INTEGRACIÓN V - PROYECTO FINAL	
DENOMINACIÓN: Intercambiador Doble Tubo				
UNIDAD: E-105				
SERVICIO: enfría la corriente de agua de salida de la T-102 para su utilización en el T-101				
PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS				
Ubicación del fluido	Tubo		Ánulo	
Nombre del fluido	Agua caliente		Agua fría	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Flujo (kg/h)	29300		41909	
Temperatura (C)	106,07	50	29	45
Temperaturas medias (C)	66,62		33	
Presión (kg/cm ²)	8,7		2	
Densidad (kg/m ³)	985		999	
Viscosidad (kg/ms)	0,00028		0,00095	
Capacidad calorífica (J/kgC)	4183		4180	
Coeficiente de conductividad (J/msC)	0,68		0,62	
Peso Molecular	18		18	
DIMENSIONES				
Material	Acero Carbono ASTM A533			
Diámetro nominal - Tubo interno (in)	2 ½			
Diámetro nominal - Tubo externo (in)	4			
Largo de tubos (m)	6			
Área de flujo interna (m ²)	0,003			
Área de flujo externa (m ²)	0,0045			
CONDICIONES DE OPERACIÓN Y DISEÑO				
Calor intercambiado (millones kcal/h)	0,67			
Área de transferencia (m ²) De cada equipo. 2 equipos dispuestos	1,72			



en serie	
DTML (C)	37
Coficiente de transferencia U (W/Km2)	717,14
Velocidad en el tubo interno (m/s)	0,9
Velocidad en el ánulo (m/s)	2,12
Ensuciamiento conjunto (Km ² /W)	0,0005
Pérdida de carga (atm)	0,087





6.4.5 Diseño de la columna absorbedora T-101:

La tarea de esta unidad consiste en eliminar el formaldehído del flujo de aire gaseoso proveniente del intercambiador E-103 mediante agua. Posteriormente, el flujo líquido se dirigirá hacia una columna de regeneración y se almacenará como producto final.

El sistema estará compuesto por el gas de proceso y una corriente de agua utilizada como solvente. En la columna, se empleará un relleno desordenado debido a su menor costo y eficiencia en este tipo de procesos. No se utilizarán platos, ya que deberían ser inertes a un material inerte al formaldehído. Además, se descarta el uso de un relleno ordenado debido a su elevado costo, el cual no es justificado para una operación que no requiere un grado tan alto de severidad. El relleno "al azar" seleccionado será un anillo Rasching de acero inoxidable, recomendado para atmósferas con presencia de formaldehído.

Columna Absorbedora		
Temperatura	50	°C
Presión	2,1	kg/cm ²

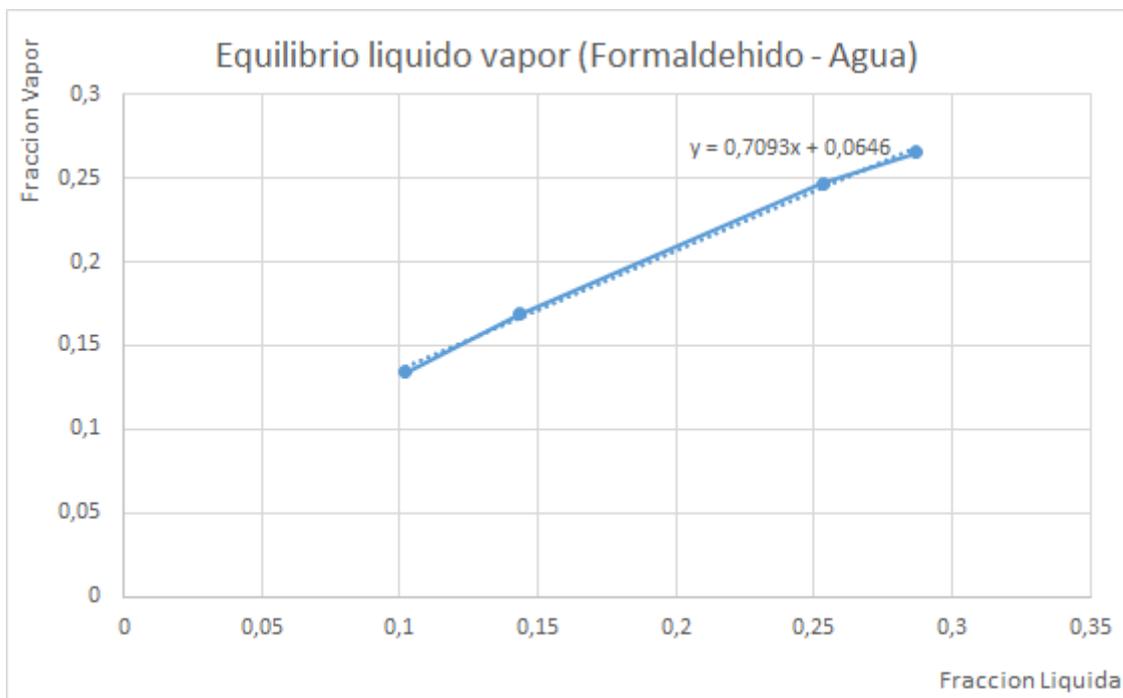
Alimentación Columna [kmol/h]			Alimentación Columna [kg/h]		
30,83	kmol/h Formaldehído	0,0636	925,86	kg/h Formaldehído	0,0678
29,04	kmol/h H ₂ O	0,0599	585,45	kg/h H ₂ O	0,0383
77,07	kmol/h O ₂	0,1590	2.466,22	kg/h O ₂	0,1805
347,93	kmol/h N ₂	0,7176	9.748,97	kg/h N ₂	0,7135
484,88	kmol/h Alimentación	Fracciones	13.664,31	kg/h Alimentación	Fracciones

Una vez obtenidos los datos de operación se debe realizar el cálculo de líquido mínimo necesario para la absorción, para ello se necesita conocer la constante de Henry del sistema en las condiciones de operación.



Table 1. Experimental Results for Vapor-Liquid Equilibria in the System Formaldehyde-Water

T K	p kPa	\bar{x}_{FA} $\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	\bar{y}_{FA} $\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$
343.1	31.0	0.030	0.029
343.1	30.9	0.064	0.054
343.1	31.2	0.068	0.056
343.1	30.9	0.091	0.071
343.2	30.9	0.110	0.083
343.3	30.7	0.129	0.093
343.1	30.5	0.137	0.098
363.1	71.4	0.051	0.061
363.1	71.4	0.056	0.064
363.2	70.6	0.058	0.066
363.1	71.6	0.150	0.136
383.1	153.1	0.102	0.134
383.3	155.0	0.143	0.169
383.1	155.1	0.253	0.247
383.0	155.1	0.287	0.265
413.2	405.3	0.076	0.155
413.2	414.4	0.106	0.188
413.1	423.1	0.137	0.226
413.2	423.7	0.139	0.221
413.2	432.9	0.171	0.264
413.1	443.1	0.227	0.307
413.1	442.7	0.245	0.334
413.1	449.1	0.304	0.375



De los datos experimentales, presentes en el artículo *Chen, C. C., & Yang, C. T. (1999). A new approach to the prediction of gas solubilities in mixed solvents.*



AIChE Journal, 45(9), 1896–1904. <https://doi.org/10.1002/aic.690450919>, se obtiene una constante de 0,709.

Con estos datos se puede calcular el líquido mínimo de la siguiente manera:

$$L_{min} = \frac{G(y_1 - y_2)}{x_1^*}$$

$$x_1^* = \frac{y_1}{H}$$

L_{min} : Caudal molar de líquido mínimo

G: Caudal de gas que entra al equipo

y_1 : Fracción de soluto que entra con el gas

y_2 : Fracción de soluto que sale con el gas (tope)

H: Constante de Henry

Así se obtiene un líquido mínimo de 344,29 kmol/h o 6.197,29 kg/h.

Considerando un Factor Operativo (Fop) igual a 5, obtenemos 1.721,47 kmol/h o 30.986,43 kg/h de líquido operativo.

Habiendo seleccionado el relleno a utilizar, se determina que medida de éste se usará, en este caso anillos rasching de acero inoxidable de 2 pulgadas.

Propiedades del relleno		
Porosidad del lecho	92	%
Área específica	95	m ² /m ³
Diámetro interno	50,8	mm

Figura: Datos tomados de la Tabla 18-5

Fuente: Manual del I. Q., secc. 18-25; 1995.



APENDICE N. CARACTERISTICAS DE LOS EMPAQUES
PARA TORRES TIPO VACIADO*

Tipo de empaque	Díámetro nominal, mm	Espesor de la pared, mm	Díámetro externo y longitud, mm	Núm. aproximado de elementos por m ³	Peso aproximado por m ³ , kg	Área superficial aproximada, m ² /m ³	Porcentaje de espacios vacíos	Factor del empaque, F _a , m ⁻¹
Sillas Berl, cerámica	6	.....	...	3,78 × 10 ⁶	900	900	60	2950
	13	.....	...	590,000	865	465	62	790
	25	.....	...	77,000	720	250	68	360
	38	.....	...	22,800	640	150	71	215
	50	.....	...	8,800	625	105	72	150
Sillas Intalox, cerámica	6	.....	...	4,15 × 10 ⁶	865	984	75	2380
	13	.....	...	730,000	720	625	78	660
	25	.....	...	84,000	705	255	77	320
	38	.....	...	25,000	670	195	80	170
	50	.....	...	9,400	760	118	79	130
Sillas Intalox, metal	(No. 25)	.....	...	168,400	...	...	97	135
	(No. 40)	.....	...	50,100	...	...	97	92
	(No. 50)	.....	...	14,700	...	...	98	52
	(No. 70)	.....	...	4,630	...	...	98	43
Sillas Intalox, plástico (polipropileno)	25	.....	...	55,800	76	206	91	105
	50	.....	...	7,760	64	108	93	69
	75	.....	...	1,520	60	88	94	50
Anillos Pall, metal	16	26 grupo	16	...	...	...	...	...
	25	24	25	49,600	480	205	92	230
	38	22	38	13,000	415	130	95	92
	50	20	50	6,040	385	115	96	66
	90	...	90	1,170	270	92	97	53
Anillos Pall, plástico (polipropileno)	16	.....	16	214,000	116	340	87	310
	25	.....	25	50,100	88	205	90	170
	38	.....	38	13,600	76	130	91	105
	50	.....	50	6,360	72	100	92	82
	90	.....	90	1,170	68	85	92	52
Anillos Raschig, cerámica	6	1,6	6	3,02 × 10 ⁶	960	710	62	5250
	13	2,4	13	378,000	880	370	64	2000
	19	2,4	19	109,000	800	240	72	840
	25	3,2	25	47,700	670	190	74	510
	38	6,4	38	13,500	740	120	68	310
	50	6,4	50	5,800	660	92	74	215
	75	9,5	75	1,700	590	62	75	125
	100	9,5	100	700	580	46	80	...
Anillos Raschig, acero	19	1,6	19	111,000	1500	245	80	730
	25	1,6	25	45,300	1140	185	86	450
	38	1,6	38	14,100	785	130	90	270
	50	1,6	50	5,900	590	95	92	187
	75	1,6	75	1,800	400	66	95	105
Hy-Pac, acero	(No. 1)	.....	30	20,000	300	177	96	141
	(No. 2)	.....	60	3,780	225	95	97	59
Levapacking †	(No. 1)	.....	...	34,000	270	164	...	...
	(No. 2)	.....	...	10,500	210	118	...	...
Tellerettes de polietileno de baja densidad	1	.....	...	39,700	160	250	83	...

* Los datos son representativos, pero varían ligeramente de acuerdo con la fábrica de empaques. Los anillos Pall también se conocen con los nombres de Flexirings y Ballast rings; las sillas Intalox también se conocen como Flexisaddles. El número de elementos por volumen de lecho empacado puede variar de acuerdo con el método de vaciado de los elementos; véase Billek, Chem. Eng. Prog., 63(9), 53 (1967). Para convertir milímetros en pulgadas, multiplíquese por 0.0394; para convertir elementos por metro cúbico en elementos por pie cúbico, multiplíquese por 0.0283; para convertir metros cuadrados por metro cúbico en pies cuadrados por pie cúbico, multiplíquese por 0.3048, y para convertir metros⁻¹ en pies⁻¹, multiplíquese por 0.3048.

* Tabla 18-5, Manual del I. Q., secc. 18-25; 1995.

Tabla 18-5

Fuente: Manual del I. Q., secc. 18-25; 1995.



A continuación se procede con el cálculo del diámetro de la columna, para ello se tiene en cuenta la velocidad del gas en el punto de inundación, dicho punto es aquel en el que la velocidad del gas es tan alta que impide la caída del líquido a través de la columna generando una inversión de fases en el tope del líquido. Para calcular el (Gv) se usará la ecuación propuesta por el Dr. H. Sawistowski.

$$\ln \left(\frac{Gv^2 * a'}{g * \epsilon^3 * \rho L * \rho G} * \frac{\mu L^{0.2}}{\mu w^{0.2}} \right) = (-4) * \frac{L^{1/4}}{G^{1/4}} * \frac{\rho G^{1/8}}{\rho L^{1/8}}$$

Gv: Velocidad del gas en el punto de inundación (lb/(ft².s))

a': Área específica del relleno (ft²/ft³)

ε: porosidad del relleno

g: aceleración de la gravedad (32.2 ft/s²)

ρL: Densidad de líquido (lb/ft³)

ρG: Densidad del gas (lb/ft³)

μL: Viscosidad del líquido (cP)

μw: 1 cP

L: Flujo másico fase líquida (lb/h)

G: Flujo másico fase gaseosa (lb/h)

Por último para saber el caudal másico de gas unitario (QWGU) se debe afectar la velocidad de inundación por un factor que depende de la formación de espuma del sistema, en este caso se usará 50%.

$$FAC = 0,5$$

$$QWGU = Gv * FAC$$

Se calcula la sección de la columna de la siguiente manera:

$$S = QWG/QWGU$$

Siendo QWG el caudal de gas másico.



QWGU	7064,08	kg/m ² h
QWG	13256,58	kg/h
Seccion	1,88	m ²
Dc	1,55	m

Lo siguiente es verificar que el diámetro de la columna sea, al menos, 15 veces el diámetro del relleno, esto se debe a que en relaciones menores el relleno no se distribuye correctamente dentro de la columna.

$$D_c > 15 * D_r$$

$$D_c/D_r = 30,43$$

Como el diámetro verifica, resta saber si el relleno estará bien irrigado o no, para ello se debe saber si el flujo de líquido operativo está dentro de los márgenes.

Se calcula el Líquido Mínimo de Humectación (LH min):

$$LH \min = CMH * \rho_L * a'$$

CMH = 0,15 m³/h.m (rellenos de metal pulido y superficies pobremente humectables entre 0,12 y 0,23)

$$LH \min = 14.235,75 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$$

Se calcula el Líquido Máximo de Humectación (LH máx) de la siguiente manera:

$$LH \max = LMH * \rho_L * a'$$

Pero el LMH se obtiene de gráfico a partir de:

$$Fa * Vg/Vl$$

$$Fa = \sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_{Aire}}}$$



$$Fa = 1,28$$

Vg: Flujo volumétrico corriente gaseosa

VI: Flujo volumétrico corriente líquida

$$Fa * Vg/Vl = 256,15$$

Para este factor se obtiene un LMH de 0,25 m³/h.m, entonces:

$$LH_{max} = 23.410,61 \text{ kg/m}^2.h$$

Ahora se divide el líquido operativo por la sección para comparar la velocidad másica con la mínima y máxima de humectación.

$$LH_{op} = L_{op}/S = 16.434,53 \text{ kg/m}^2.h - \text{VERIFICA}$$

Una vez verificado que los caudales de líquido y gas no superan los límites, y calculado el diámetro de la columna, queda calcular la altura del relleno y la pérdida de carga.

Para calcular la altura del relleno debemos conocer la altura de cada plato y la cantidad de platos

Para determinar la altura por plato se usará la altura equivalente de un plato teórico (HETP).

Type of packing, application	HETP (m)
25 mm diam. packing	0.46
38 mm diam. packing	0.66
50 mm diam. packing	0.9
Absorption duty	1.5–1.8
Small diameter columns (<0.6 m diam.)	column diameter
Vacuum columns	values as above + 0.1 m



Tabla: altura de platos.

Fuente: bibliografía de la cátedra de Operaciones Unitarias II, UTN FRLP

Siendo que el diámetro de relleno es 50 mm se procede a seleccionar el HETP de 0,9 m.

Lo siguiente es el cálculo de las unidades de transferencia NTU utilizando el concepto de fuerza impulsora media logarítmica.

$$NOG = \frac{(y_1 - y_2)}{(y - y^*)_{ml}}$$

$$NOG = 5,45$$

$$NTU = 6$$

La altura del relleno Z será igual al producto del HTU con el NTU, a lo que se le suele sumar el 10% y un pie.

$$Z = NTU * HTU + 10\% + 0,30 \text{ m}$$

$$Z = 6,24 \text{ m}$$

Por último queda calcular la pérdida de carga del equipo, para lo cual se calcula teniendo en cuenta el relleno seco.

$$\Delta P_{seco} = \frac{U * a' * Z}{\epsilon^3} * \frac{\rho G * u^2}{g}$$

El U para relleno hueco es:

$$U = \frac{5}{Re'} + \frac{1}{Re'^{0.1}}$$

$$Re' = \frac{\rho G * u}{a' * \mu G}$$

Y luego se multiplica por un factor de irrigación que se obtiene de tabla usando la velocidad másica de líquido.

$$\Delta P_{irrigado} = \Delta P_{seco} * FI$$



En este caso el FI es igual a 0,7; por lo tanto la pérdida de carga del equipo será de 0,91 kg/cm².

Hoja de Datos:

UTN FRLP		INTEGRACION V		HOJA DE ESPECIFICACION DE COLUMNA RELLENA							
DENOMINACION: ABSORBEDOR DE FORMALDEHIDO				FECHA: 05/01/2024							
UNIDAD: T-101				REVISION:							
SERVICIO: ELIMINA EL FORMALDEHIDO DE LOS GASES INERTES				LOCACION:							
DATOS GENERALES											
DENOMINACION DE EQUIPO		Columna absorbadora rellena			Hoja	1 de 2					
FUNCION		Separar el formaldehido de la corriente de productos enfrida saliente del reactor									
DATOS DE OPERACIÓN											
FLUIDO		ENTRADA FONDO	ENTRADA TOPE	SALIDA FONDO	SALIDA TOPE						
		Gas efluente reactor	Agua	Agua con Formaldehido	Aire con gases residuo						
CAUDAL	kg/h	13.664,31	31000	31879	12850						
FASE VAPOR	%	100	0	0	100						
TEMPERATURA	°C	55	48	53	47						
PRESION	kg-cm2	2,1	2	2	1,18						
DENSIDAD	kg/m3	2,121	985	1066	1,331						
CAIDA DE PRESION	kg-cm2/m	0,15									
DATOS DE CONSTRUCCION											
MATERIAL DE CONSTRUCCION		Acero Inoxidable AISI 304									
PRESION DE DISEÑO	kg-cm2	3									
TEMPERATURA DE DISEÑO	°C	75									
GEOMETRIA DEL CUERPO		Cilindrico									
GEOMETRIA DE CABEZALES		Semi Esfericos									
PESO DE COLUMNA VACIA	kg	16000									
ALTURA DEL CUERPO	m	7,44									
ALTURA DEL LECHO	m	6,24									
ALTURA DEL CABEZAL	m	0,60									
DIAMETRO INTERNO	m	1,55									
ESPESOR DEL CUERPO	m	0,10									
CONEXIONES BRIDADAS		4									
ACCESORIO		Distribuidores de gas y líquido, Colector de líquido									
JUNTAS PARA ENTRADAS DE HOMBRES		2									
TIPO		BRIDADADA/C-DAVIT									
OBSERVACIONES											
- Se trabaja a un 50% de la velocidad de gas en el punto de inundacion											



UTN FRLP	INTEGRACION V		HOJA DE ESPECIFICACION DE COLUMNA RELLENA	
DENOMINACION: ABSORBEDOR DE FORMALDEHIDO			FECHA:	05/01/2024
UNIDAD: T-101			REVISION:	
SERVICIO: ELIMINA EL FORMALDEHIDO DE LOS GASES INERTES			LOCACION:	
DATOS GENERALES				
DENOMINACION DE EQUIPO		Columna absorbidora rellena		Hoja
FUNCION		Separar el formaldehido de la corriente de productos enfriada saliente del reactor		
DATOS DE RELLENO				
ETAPAS TEORICAS	5,45		Esquema del relleno	
TIPO DE RELLENO	Anillos de Raschig			
MATERIAL DE RELLENO	Acero Inoxidable			
DIAMETRO EXTERNO	mm	50		
DIAMETRO INTERNO	mm	48,4		
DIAMETRO EQUIVALENTE	mm	-		
POROSIDAD (ESPACIO VACIO DEL LECHO)	%	92		
AREA ESPECIFICA	m2/m3	95		
ALTURA DEL RELLENO	mm	50		
PERDIDA DE CARGA	kg-cm2/m	0,15		
OBSERVACIONES				



6.4.6 Diseño del compresor C-101:

Se necesita comprimir el aire ambiente hasta 3,4 kg/cm², para que sea apta para el intercambiador E-101. Para esto, se utilizará un compresor centrífugo multietapa. A continuación, se presenta el proceso de selección del mismo.

Para la selección del compresor se evaluarán el número de etapas, las temperaturas de succión y descarga, las presiones de succión y descarga, así como el tipo de compresor adecuado y el BHP, para poder seleccionar el equipo que mejor se ajuste a las necesidades del proceso.

Cálculo del número de etapas:

Relación de compresión: llamaremos relación de compresión al cociente entre la presión final obtenida y la presión de succión o inicial.

$$Rc = \frac{P_2}{P_1}$$

El valor final de este cociente debe encontrarse entre 3 y 5. Si excediera de 5 podría resultar en un sobrecalentamiento del equipo y deterioro de la máquina por efecto de dilatación. Por esto sería necesario realizar la compresión a valor deseado en más de una etapa, y ese cálculo resulta de:

$$Rc = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/n}$$

El valor del exponente “n” que cumpla la condición $Rc \leq 5$, representará el número de etapas de compresión necesarias.

Se procede al cálculo según los datos presentados en la tabla.

Datos		
P1	1,00	kg/cm ²
	14,22	psig (lb/pulg ²)
	0,98	bar
P2	3,40	kg/cm ²
	48,36	psig (lb/pulg ²)
	3,33	bar
ACFM	6549,27	pie ³ /min

Tabla: Condiciones de la corriente de ingreso al compresor.

Fuente: programa de simulación PRO II



Se evalúa R_c con $n = 1; 2; 3$; a continuación, se muestran los resultados.

$n=1$	R_c	3,4
$n=2$	R_c	1,84390889
$n=3$	R_c	1,5036946

Tabla: evaluación de R_c .

Fuente: elaboración propia

Selección del tipo de compresor

Se seleccionará del diagrama a continuación, utilizando como información de entrada el caudal del gas en la succión (ACFM) y la presión de descarga objetivo.

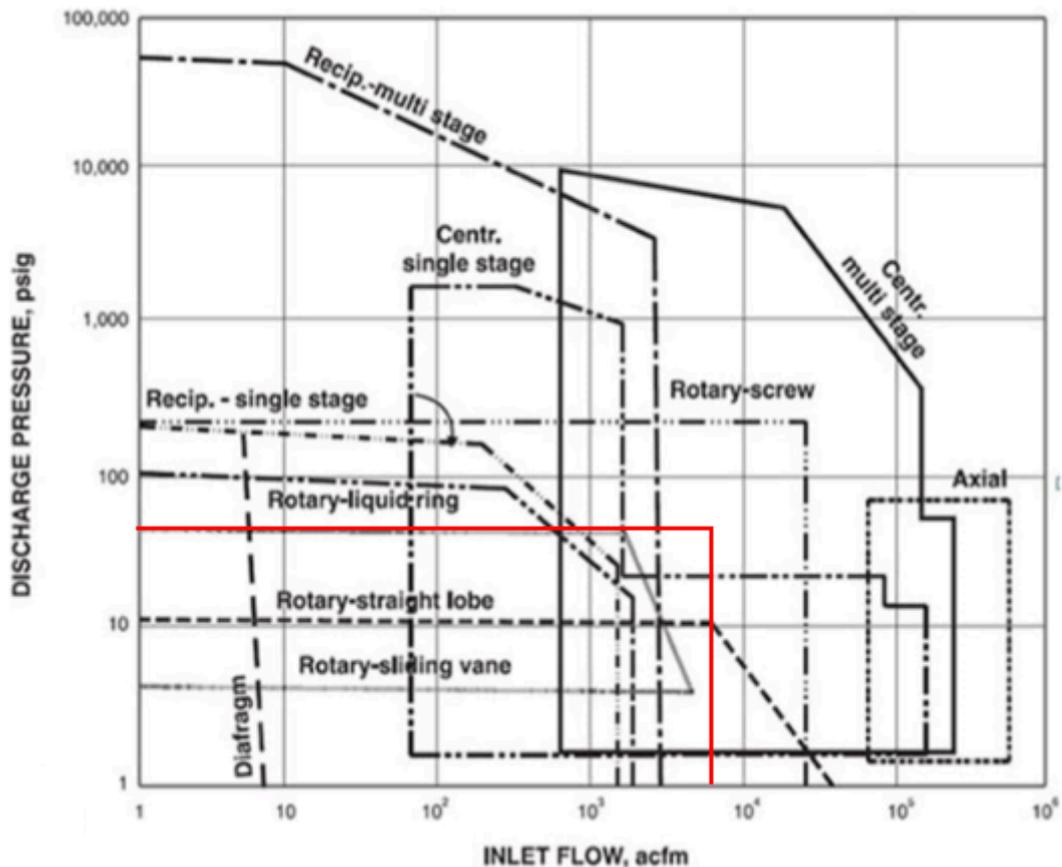


Imagen: Selección del tipo de compresor.

Fuente: *Surface Production Operations: Pumps and Compressors, Vol. 4 - Maurice Stewart*

Según el gráfico podría usar un compresor centrífugo multietapa o un compresor rotativo a tornillo.



Se procede a seleccionar un compresor centrífugo.

Cálculo de las temperaturas de descarga

La temperatura máxima que se alcanza en la compresión está vinculada a la relación de compresión correspondiente al de una transformación termodinámica adiabática. La relación matemática entre Rc y la temperatura final es:

$$T_2 = T_1 \left[(Rc)^{\frac{k-1}{\eta_p k}} \right]$$

Donde:

T1 = temperatura de succión (°C).

T2 = temperatura de descarga (°C).

P1 = presión de succión.

P2 = presión de descarga.

k = coeficiente de dilatación adiabática promedio.

η_p = eficiencia politrópica. Según la bibliografía, el valor estándar para compresores centrífugos es 80%.

Con la anterior fórmula se procede a realizar los cálculos:

k	1,398
T1 (°C)	29
Rc	3,4
η_p	0,830424

Obteniéndose una T2 de 44,11 °C

Cálculo de la altura politrópica:

Según las fórmulas:

$$H_p = \frac{T_s z_{ave} R}{\left(\frac{n-1}{n}\right) M_w} \left[R_c^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$



$$\frac{n-1}{n} = \frac{k-1}{k \eta_p}$$

Donde:

Ts= temperatura de succión

Zave= promedio de factores de compresibilidad

R= cte de los gases

Mw= peso molecular

(n-1)/n= coeficiente politrópico

np= eficiencia politrópica

Obteniendo los factores de compresibilidad del siguiente gráfico:

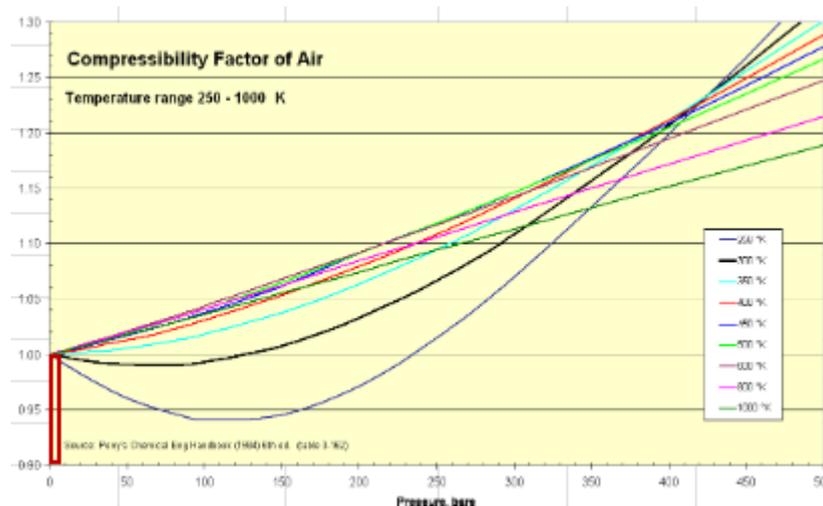


Imagen: factores de compresibilidad.

Fuente: Surface Production Operations: Pumps and Compressors, Vol. 4 - Maurice Stewart

Se obtiene una altura politrópica de 57,01 Btu/lbm.

Potencia del gas (GHP)

Se calcula la potencia del gas según lo siguiente:

$$GHP = \frac{w H_p}{\eta_p FcE}$$

Donde:

W= flujo másico

w	28013,14 lb/h
Hp	57,0125205 Btu/lbm
FcE	0,838434



Hp= altura politrópica

FCE= factor de conversión de energía

np= eficiencia politrópica

Se utilizará un valor de FCE de 2545 según la siguiente tabla

Potencia	Flujo Másico, w	Altura Politrópica	Factor de Conversión de energía, FCE
kW	(Kg o kmol)/s	kJ/Kg o kJ/kmol	1
kW	(Kg o kmol)/h	kJ/Kg o kJ/kmol	3600
kW	(lbm o lb-mol)/h	Btu/lb o Btu/lb-mol	3413
HP	(lbm o lb-mol)/h	Btu/lb o Btu/lb-mol	2545
HP	lbm/min	ft-lbf/lbm	33000

Obteniéndose un GHP de 755,69 HP

Velocidad de giro (N):

La velocidad de giro se calcula según:

$$d = \sqrt{\frac{Q_g}{0,05 u}}$$

Donde:

d= diámetro del impulsor (pie)

Qg= flujo volumétrico del gas (pie³/seg)

u= velocidad de punta del impulsor (820 a 984 pie/seg)

Por lo tanto N= 12.557,94 rpm

Pérdidas mecánicas:

$$S_L = s_l \left(\frac{N}{1000} \right)^2 \qquad B_L = b_l \left(\frac{N}{1000} \right)^2$$

Según la siguiente tabla las pérdidas mecánicas, multiplicadas por la velocidad de



giro, serán de $SL = 50,62$ y $BL = 95,09$

Capacidad [ACFM]	Cojinetes b_i	Sellos s_i
1250 - 4225	0,174	0,093
2100 - 6500	0,321	0,174
2750 - 8500	0,603	0,321
4250 - 12700	1,110	0,603
6350 - 21000	2,077	1,110
8500 - 31000	3,887	2,077
12700 - 42300	7,238	3,887
17000 - 53000	13,401	7,234

Imagen: cojinetes y sellos.

Fuente: *Surface Production Operations: Pumps and Compressors, Vol. 4 - Maurice Stewart*

Potencia al freno (BHP)

El valor total será el resultado del aporte de cada etapa. La fórmula aplicada es la siguiente:

$$BHP[HP] = GHP + B_L + S_L$$

Realizando los cálculos pertinentes se obtiene un resultado de BHP de 672,18 Kw.

Número de impulsores:

Según:

$$N_{impulsores} = \frac{H_p}{9000}$$

Se obtiene un valor de N impulsores de 1,5 por lo que se utilizarán 2 impulsores.



Con ese valor, se selecciona el tipo de motor y el tipo de compresor. Seleccionando así un compresor MSG Centac C 800 que cumple con las características.

ModelName	Power kW	Flow cfm	Flow m3/min	Power hp
C800	430 - 900	2,300 - 5,200	65 - 147	500 - 1,100

Imagen: características del compresor

Fuente: Ingersoll Rand

Selección de motor:

Se debe buscar un motor que cumpla con la potencia calculada, es decir 901 HP.

Se selecciona un motor asincrónico de inducción Flameproof motor M3 series, de la empresa ABB Motors Drives and Power Electronics.

CHARACTERISTICS	
AC/DC	three-phase
Type	asynchronous
Voltage	230 V, 690 V
Protection class	IP55, IP65, IP56, IP66, ATEX, flameproof, IECEx, increased safety
Configuration	cast iron frame, small
Number of poles	4-pole, 6-pole, 8-pole, 10-pole, 12-pole, 2-pole
Applications	for the mining industry, for marine applications, for the oil and gas industry
Other characteristics	low-voltage, IE3, IE2, IE4, variable-speed
Power	Max.: 950 kW (1,291.64 hp) Min.: 0.18 kW (0.245 hp)
Operating temperature	Max.: 60 °C (140 °F) Min.: -55 °C (-67 °F)

Imagen: características del motor

Fuente: ABB Motors Drives and Power Electronics



Accesorios adicionales:

Como se toma aire de la atmósfera, que puede contener partículas sólidas y que contiene humedad, que puede precipitar dentro del equipo, resulta necesario el uso de filtros de carbón activado para eliminar la totalidad de la humedad y para retener cualquier tipo de partícula sólida.

Hoja de datos:

UTN- FRLP	HOJA DE ESPECIFICACIÓN - SISTEMA DE COMPRESIÓN				INTEGRACIÓN V - PROYECTO FINAL		
DENOMINACIÓN: Sistema de compresión							
UNIDAD: C-101							
SERVICIO: Acondiona la corriente, previo al ingreso al E-101							
DATOS DE OPERACIÓN							
TIPO	CENTRÍFUGO	PROVEEDOR	INGERSOLL RAND				
MODELO	MSG Centac C800						
CONDICIONES OPERATIVAS							
CAUDAL	12706,5466	kg/h	11272,178	m3/h	6637	ACFM	
CONDICIONES DE SUCCIÓN							
ETAPA				1º			
PRESIÓN	kg/cm2		1				
TEMPERATURA	°C		29				
FACTOR Z			1				
CP/CV			1.2				
CONDICIONES DE DESCARGA							
ETAPA				1º			
PRESIÓN	kg/cm2		3,4				
TEMPERATURA	°C		35				
CONDICIONES DE POTENCIA							
ETAPA				1º			
POTENCIA TOTAL	HP		901,41				
EFICIENCIA POLITRÓPICA	%		80				
COMPOSICIÓN DEL GAS							
N ₂	78,08		% mol				
O ₂	20,95		% mol				
Ar	0,93		% mol				
CO ₂	0,04		% mol				
MOTOR							
TIPO	ASINCRONICO DE INDUCCIÓN		PROVEEDOR		ABB MOTORS DRIVES AND POWER ELECTRONICS		
MODELO	M3	POTENCIA min/max	0,18/950	kw	VOLTAJE	230/690	V



7 - CONTROL AUTOMÁTICO

A continuación se explicarán las estrategias de control llevadas a cabo para los equipos principales del proceso. Siendo estos:

Reactor R-101:

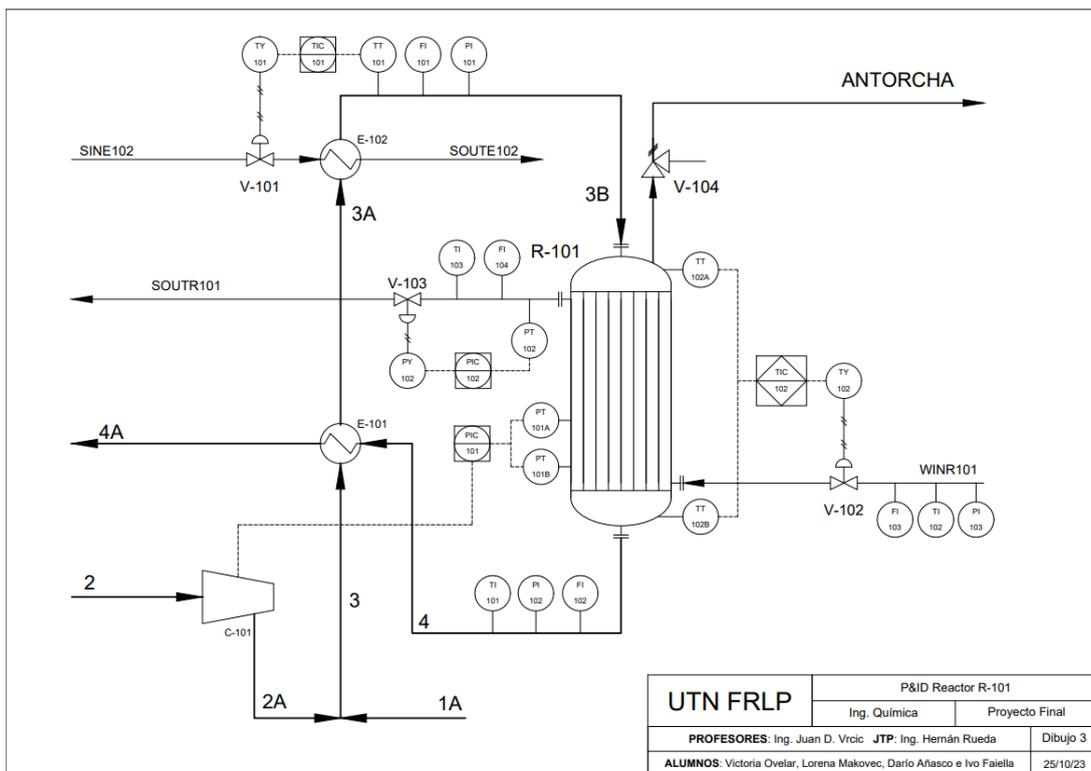
Su función consiste en ser el medio de reacción para la síntesis de formaldehído a partir de metanol y oxígeno.

Columna T-102:

Su función consiste en separar el formaldehído de la corriente acuosa proveniente de la columna T-101.



7.1 Reactor R-101



UTN FRLP	P&ID Reactor R-101	
	Ing. Química	Proyecto Final
PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda		Dibujo 3
ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella		25/10/23



Estrategias de control

En este apartado se explicarán y justificarán, los lazos de control utilizados para el reactor R-101.

Lazos de control de temperatura

La reacción del metanol con el oxígeno es exotérmica, pero al estar diseñado el reactor para funcionar en operación isotérmica, cualquier desbalance entre el enfriamiento y el calor de reacción producido cambiará la temperatura del reactor, produciendo puntos calientes que bajen el rendimiento o desactive el catalizador.

Por tal motivo, se ha optado por realizar un control automático del equipo. El cual consiste en medir con termocuplas la temperatura en los cabezales de entrada y salida del reactor, donde la corriente se encuentra mezclada. Esta información será procesada por un controlador de temperatura que actuará sobre una válvula de entrada del agua de enfriamiento.

De esta forma, se controla la desviación del parámetro, manteniendo las condiciones de operación.

Y por otro lado, existe también un controlador de temperatura en el intercambiador E-102. Resulta importante mencionarlo debido a que éste es el que se encarga de llevar la temperatura de la corriente de entrada al reactor al valor de operación.

Lazos de control de presión:

Al igual que para la temperatura, el equipo se diseñó para una determinada presión, es decir, que si ésta cambiara el equipo no funcionará de la misma



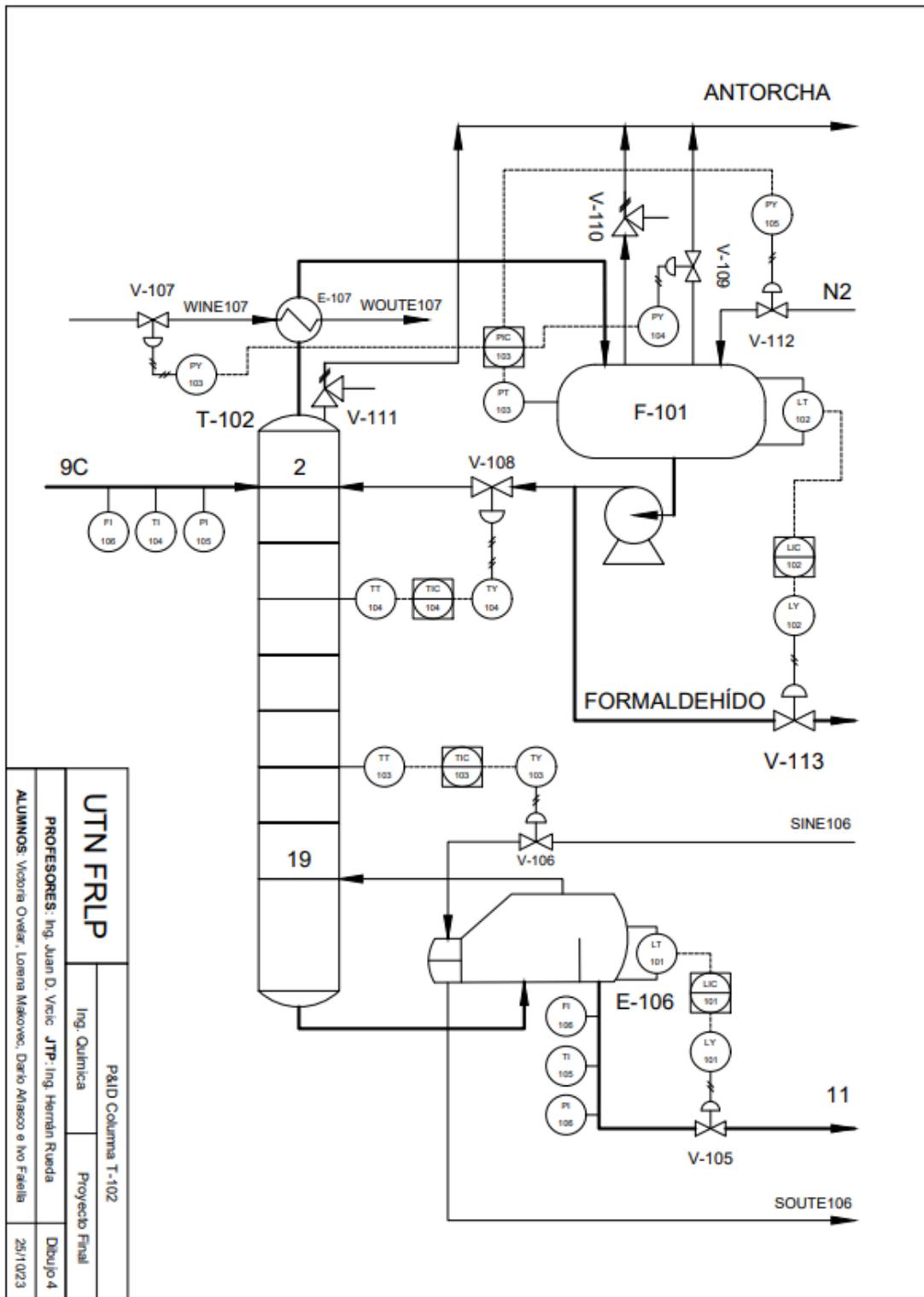
manera, reduciendo el rendimiento. Y además, resulta imprescindible controlar que la presión no exceda los límites de diseño para evitar accidentes de cualquier tipo.

Para el control se recurrió a un transmisor de presión que envía la señal a un controlador y que éste, por medio de un variador de velocidad, actúa sobre el motor del compresor.

Y para asegurar que la presión no suba por sobre los límites de diseño, se optó por el empleo de válvulas de alivio de seguridad, las cuáles al superarse la presión de seteo de las mismas, se abren automáticamente de forma mecánica para impedir que la presión siga subiendo.



7.2 Columna T-102





El control básico, implementado mediante controladores con retroalimentación, se centra en mantener constantes ciertas variables cruciales para cumplir con las especificaciones del proceso, tales como presión, temperatura y caudal de reflujo. Habitualmente, se instala un sistema de control de temperatura en la zona de descarga para ajustar la cantidad necesaria de vapor destinada a la calefacción, y, por consecuencia directa, mejorar la calidad del producto de fondo. La calidad del producto de cabeza se determina en función del caudal de reflujo. En situaciones en las que hay variaciones en la alimentación, se observarán ajustes en las composiciones de los productos de cabeza y fondo hasta que se logren adecuar las relaciones de reflujo y vapor. Desde la perspectiva del control, se caracteriza a las columnas de destilación como sistemas 5x5, indicando la presencia de 5 válvulas de control (variables manipuladas). Simultáneamente, es imperativo intervenir en 5 variables controladas, emparejadas con las manipuladas, con el propósito de mantener un equilibrio en la masa y las composiciones de cabeza y fondo.

Variables a controlar:

1. Presión acumulador F-101
2. Nivel acumulador F-101
3. Temperatura plato 6
4. Temperatura plato 15
5. Nivel reboiler

Variables a manipular:

1. Caudal agua enfriamiento de condensador
2. Caudal salida de solución de formaldehído 37%
3. Caudal de reflujo
4. Caudal de vapor de reboiler



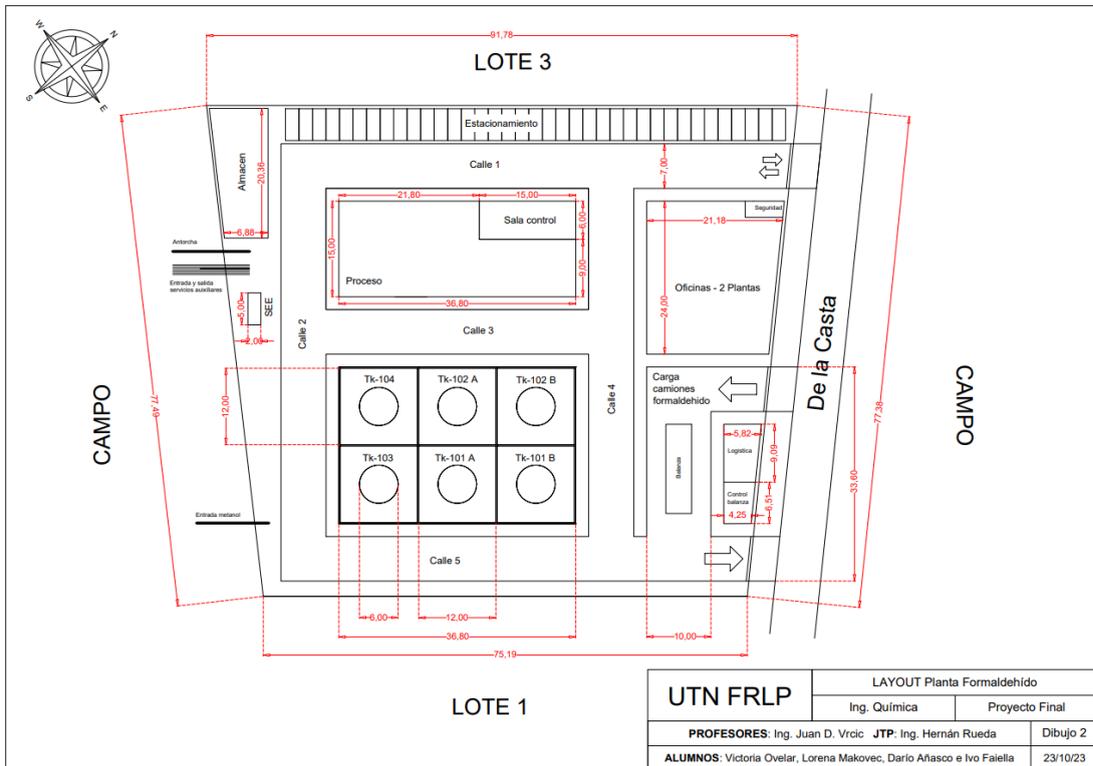
5. Caudal de salida de agua de reciclo

Control General

- Control presión de acumulador: Un sensor de presión envía una señal a un controlador de presión que actúa sobre la válvula de entrada de agua de enfriamiento del condensador de la torre.
- Control de nivel del acumulador F-101: Se mide el nivel por medio de un sensor de nivel, que se asocia a un controlador que actúa sobre una válvula reguladora en la línea de salida de destilado líquido.
- Control de temperatura de tope de la torre: Por medio de un transmisor 4 platos por debajo de la entrada de reflujo, un controlador de temperatura actúa sobre la válvula de reflujo, para mantener su set point.
- Control de temperatura de fondo de la torre: Una termocupla ubicada 4 platos por encima de la entrada del reflujo gaseoso, envía una señal a un controlador de temperatura que actúa sobre la válvula de entrada de vapor del reboiler.
- Control de nivel del reboiler: Por medio de un sensor de nivel, un controlador de nivel actúa sobre la válvula de salida de agua de reciclo de la columna T-101.



8 - LAYOUT





8.1 Definición de áreas:

Se definirán las diferentes áreas que componen cada parte de la planta, así como el PLOT-PLAN:

Área de producción:

Es donde se ubicarán todos los equipos que intervienen en el proceso en sí, es decir, desde la primera bomba que recibe la carga del tanque, hasta el almacenamiento de producto final.

Para determinar la superficie necesaria se tuvo en cuenta tanto las dimensiones de los equipos, como el espacio de separación necesario entre ellos.

Área total de 552 m².

Sala de control:

Es desde donde se controlan las variables más importantes del proceso, se llevan a cabo las tareas de operación, supervisión y control de la planta. Debe tener suficiente espacio para la colocación de computadoras y consolas.

Área total de 90 m².

Oficinas:

Esta sección contempla espacio para gerencia, RRHH, administración, producción, servicio técnico, laboratorio y mantenimiento.

La misma está constituida por 2 plantas 484 m² cada una.

Área total de 968 m².



Parque de tanques:

Aquí se ubican los 6 tanques de la planta.

Área total de 905 m².

Almacén:

Donde se almacenarán repuestos, insumos, elementos de trabajo ,etc.

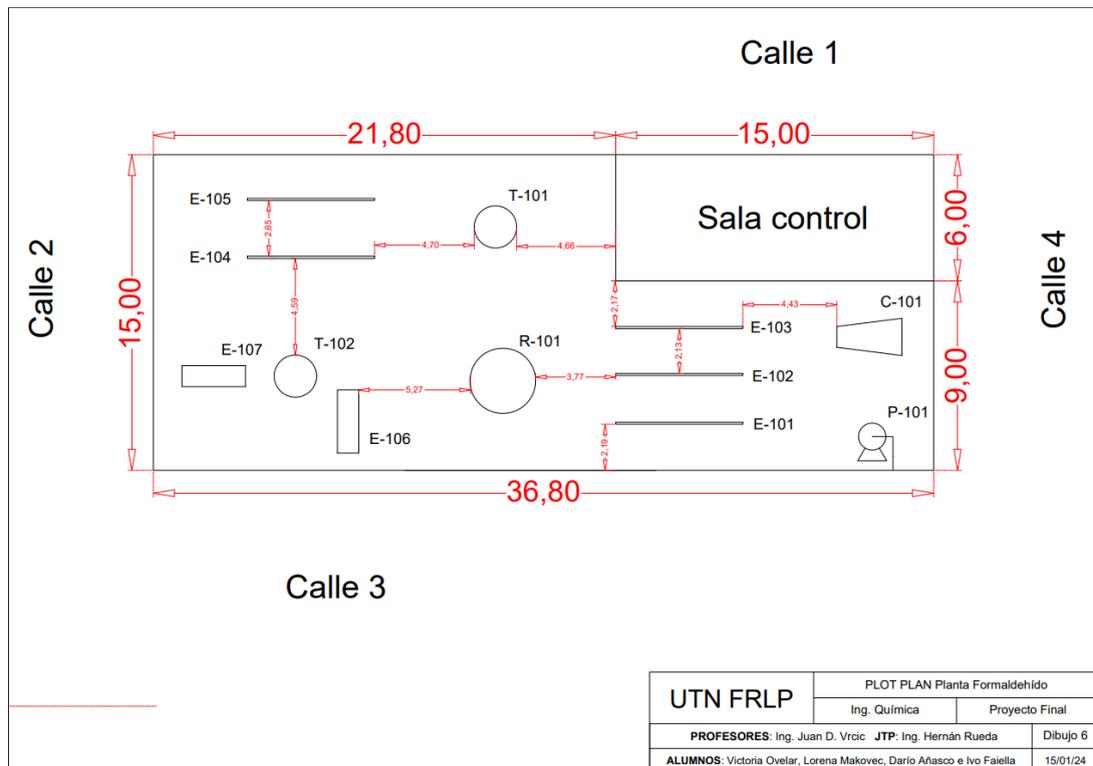
Área total de 161 m².

Superficie total de la planta: 6337 m².



8.2 PLOT-PLAN

Cómo se distribuyen los equipos dentro del área de proceso.





9. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL PERSONAL

Introducción: Problemas generales de organización:

En términos generales, los desafíos organizativos suelen estar relacionados con la interacción de la empresa con los sindicatos, específicamente la UOM y la UOCRA durante la fase de construcción y más tarde, FESTIQyPRA en la etapa de operación

Las solicitudes planteadas por estos sindicatos tienen el potencial de tener implicaciones económicas significativas. En el primer escenario, podrían impactar en los costos de inversión, mientras que en el segundo, influirían en los costos de producción.

Además, es importante tener en cuenta que los paros inesperados protagonizados por los sindicatos de camioneros podrían perturbar el plan de producción. Por esta razón, se han establecido políticas de gestión de inventario y se han definido medidas a seguir en caso de huelgas, con el objetivo de minimizar cualquier impacto negativo en las operaciones.

Vinculación con los sindicatos:

FESTIQyPRA es el sindicato adecuado para la representación de los obreros químicos y petroquímicos. La escala salarial y categorías del personal de planta se respetarán según el convenio colectivo de trabajo de este sindicato, el cual es cct-564-09.

En la etapa de construcción de la planta, los trabajadores que confeccionen las instalaciones pertinentes a los equipos de procesos, tales como cañerías entre otras, se desempeñarán bajo el convenio laboral de la UOM (Unión de Obreros Metalúrgicos) y los obreros que realicen la construcción de estructuras edilicias estarán bajo el convenio de la UOCRA (unión de Obreros de la Construcción de la República Argentina).



9.1- Organigrama

El diagrama de organización constituye una representación visual de la estructura tanto jerárquica como funcional de una entidad. Su propósito principal es brindar una comprensión instantánea de cómo se organiza la organización y cómo se distribuyen las tareas y responsabilidades a lo largo de la cadena de mando. Se revela como una herramienta invaluable para que las empresas adquieran un conocimiento más profundo de su propia organización, y para los nuevos integrantes que ingresan a la empresa, representa una base fundamental durante cualquier proceso de inducción desarrollado por el departamento de recursos humanos.

La estructura organizativa de la empresa abarca la figura de un gerente general y se divide en cinco departamentos, cada uno de los cuales cuenta con un líder a su cargo:

- Departamento de Producción
- Departamento de Mantenimiento
- Departamento de Servicio Técnico
- Departamento de Administración
- Departamento de Recursos Humanos

Durante estos turnos, el jefe designado debe permanecer en su lugar de residencia, estando disponible para atender cualquier problema o emergencia que pueda surgir en las instalaciones de la empresa. Para facilitar la comunicación en estos casos, el jefe de turno tendrá a su disposición un teléfono celular específicamente destinado a este propósito.



ORGANIGRAMA

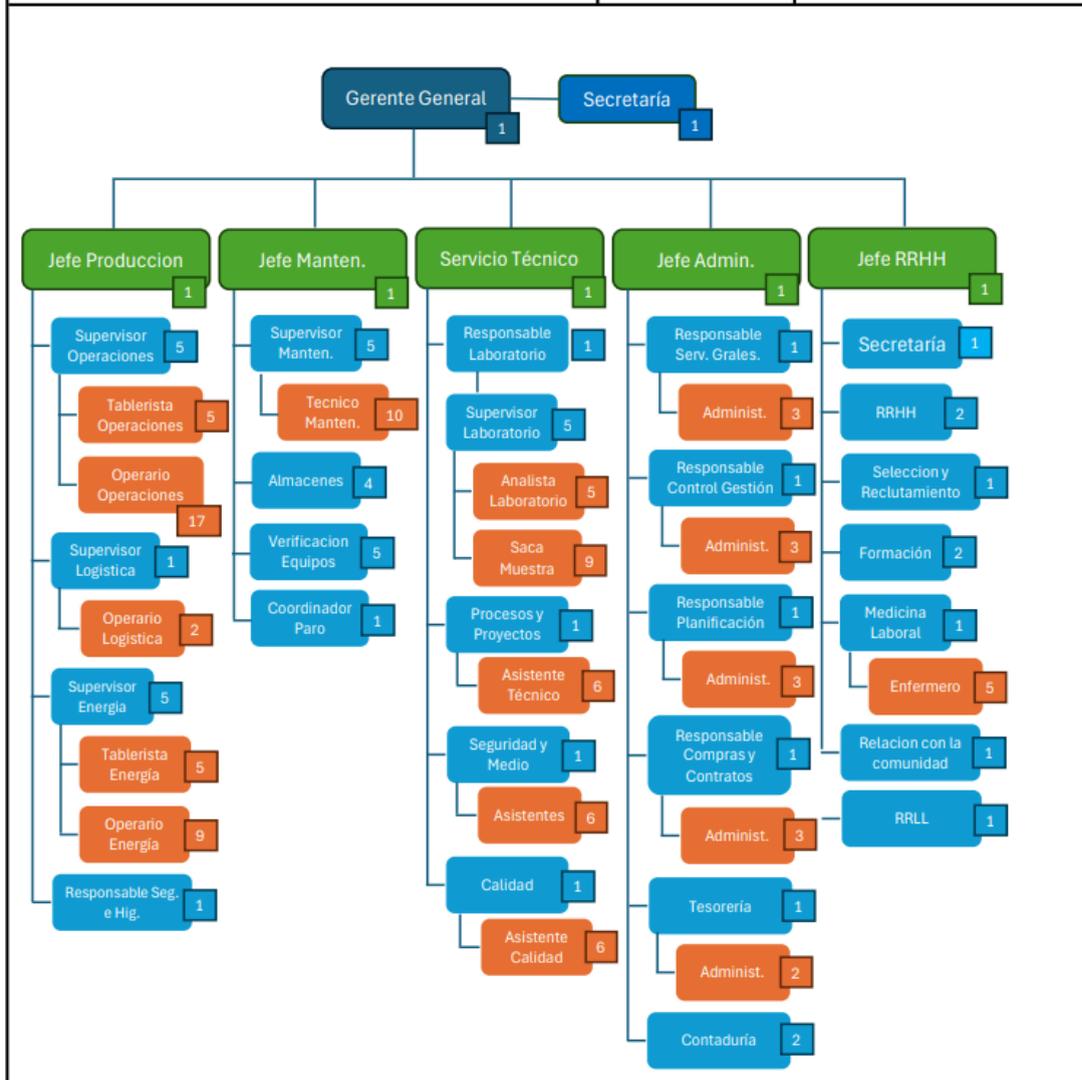


Integración V

Profesores: Ing. Vrcic, Juan Domingo JTP: Ing. Rueda, Hernan

Fecha: 11/12/23

Estudiantes: Añasco Darío, Faiella Ivo, Makovec Lorena y Ovelar Victoria





La empresa contará con un Gerente General. Por debajo de éste se encuentran los departamentos de: Producción, Mantenimiento, Servicio Técnico, RRHH y Administración que ya fueron mencionados.

Los Supervisores, Tableristas y Operarios de las áreas de Operaciones y Energía dentro de Producción, Supervisores y Técnicos de Mantenimiento, y Supervisores, Analistas y Saca Muestras del Laboratorio, deberán dividirse la jornada laboral de 24 horas en 3 turnos rotativos de 8 horas, y una guardia de franco, estipuladas en los convenios colectivos, por lo que en total serán 4 guardias completas, que a su vez deberán contar con relevistas ante inconvenientes.

El resto del personal trabajará de lunes a viernes de 8:00 a 17:00 horas, contando con 1 hora para almorzar.

Selección e incorporación del personal

El equipo operativo y los gerentes serán contratados con anticipación para familiarizarse con el sistema y operación de la planta. También participarán en la elección de variables. El personal de compras y contrataciones se involucrará desde el inicio de las inversiones. Estos costos se incluyen en la inversión inicial, aproximadamente un 2% del costo total de adquisición de equipos.

Seguridad industrial

Las disposiciones de Higiene y Seguridad Laboral se regirán por lo que establece la Ley Nacional 19.587, junto con su correspondiente decreto reglamentario (351/79). El artículo 4 de esta ley establece que las medidas de higiene y seguridad en el trabajo comprenden una serie de regulaciones técnicas y medidas de salud destinadas a diversos propósitos:

- Salvaguardar la vida y garantizar la preservación de la salud mental y física de los trabajadores.



- Prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos inherentes a diferentes lugares o posiciones de trabajo.
- Fomentar una mentalidad proactiva con respecto a la prevención de accidentes laborales y enfermedades que puedan derivarse de las actividades laborales.

Es importante subrayar que el cumplimiento de estas normativas es fundamental para garantizar un entorno laboral seguro y saludable, y para proteger tanto a los empleados como a los empleadores. Además, la ley establece la base para mantener la integridad física y mental de los trabajadores, reducir los riesgos laborales y promover la prevención como una prioridad en el ámbito laboral.

Riesgos laborales – ART

La Aseguradora de Riesgos de Trabajo (ART) juega un papel fundamental en la protección de los trabajadores y la promoción de la seguridad laboral.

En primer lugar, la ART debe brindar todas las prestaciones requeridas por la ley. Esto incluye tanto medidas preventivas, como capacitación en seguridad, como prestaciones económicas, sociales y de salud en caso de accidentes laborales o enfermedades profesionales. Su función es asegurarse de que los trabajadores reciban la atención y el apoyo necesarios en situaciones adversas.

La supervisión continua de los riesgos presentes en la empresa es otra de las tareas clave de la ART. Esto implica evaluar cómo evolucionan los riesgos con el tiempo y garantizar que se cumplan las normativas de prevención de riesgos laborales. Esta labor contribuye a la adaptación constante de las medidas de seguridad a las cambiantes condiciones laborales.

La promoción de la prevención es otra de las funciones importantes de la ART. Esto implica informar a la Superintendencia de Riesgos del Trabajo



(SRT) sobre los planes y programas de prevención requeridos por la empresa. La ART trabaja en colaboración con la SRT para promover prácticas seguras en el ámbito laboral.

Mantener un registro de los siniestros ocurridos en la planta es crucial para evaluar y mejorar las medidas de seguridad. La ART documenta estos incidentes y accidentes laborales para analizar sus causas y tomar medidas preventivas.

La transparencia es un elemento esencial, por lo que la ART debe informar a las partes interesadas acerca de su estructura, aranceles y balances financieros. Esto permite a todos los involucrados comprender su funcionamiento y su compromiso con la seguridad laboral.

Además de estas responsabilidades, la ART supervisa la implementación del Plan de Acción de los empleadores. Si detecta incumplimientos, tiene la facultad de denunciarlos ante la Superintendencia de Riesgos del Trabajo.

La ART también ofrece orientación y apoyo técnico a las empresas y sus empleados en cuestiones de prevención de riesgos laborales. Esto puede incluir asesoramiento sobre prácticas seguras, capacitación y recursos para mejorar la seguridad en el trabajo.

9.2 Descripción de los puestos

La gestión de la empresa involucra roles y áreas como Gerencia General, Recursos Humanos, Administración, Servicio Técnico, Producción y Mantenimiento. Cada área tiene funciones específicas y puestos clave. La Gerencia establece objetivos y supervisa la ejecución, Recursos Humanos maneja la selección y clima laboral, y Administración coordina costos y proyectos. La Producción se organiza en jefaturas como Planta, Sala de Control, Logística y Seguridad e Higiene. Mantenimiento tiene áreas de Planta y Taller. La estructura integral garantiza eficiencia, sostenibilidad y



calidad en la planta. Cada área y puesto juega un papel crucial en el logro de los objetivos empresariales.

9.3 Esquema de Turnos:

Para calcular el número de empleados se tuvo en cuenta la estructura de 3 turnos diarios de 8 horas, donde 4 guardias, rotan según el esquema a continuación y la necesidad de incluir relevantes en el caso de licencias, imprevistos o vacaciones. Se trabajará siguiendo una plantilla de 4 mañanas – 4 tardes - 4 noches – 4 descansos. Se dividirá en 4 guardias de la G1 a la G4.

El número de empleados de guardia será de 80, siendo éstos los supervisores, tableristas y operadores de Operaciones, Energía, Laboratorio y Mantenimiento.

Día→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
G1	L	MA	MI	J	V	S	D	L	MA	MI	J	V	S	D	L	MA	MI	J	V	S	D	L	MA	MI	J	V	S	D	L	MA	MI
G2	M	M	M	D	T	T	T	T	T	T	T	D	N	N	N	N	N	N	N	D	D	D	D	M	M	M	M	M	M	M	M
G3	N	N	N	N	N	D	D	D	D	D	M	M	M	M	M	M	M	D	T	T	T	T	T	T	T	D	N	N	N	N	N
G4	D	D	D	M	M	M	M	M	M	M	D	T	T	T	T	T	T	T	D	N	N	N	N	N	N	N	D	D	D	D	D

Tabla: diagrama de turnos

Fuente: elaboración propia.

9.4 Conclusión:

La cantidad total de personas que trabajan en la empresa es de 157.

Aparte del personal total de la planta se cuenta con 20 contratados que diariamente entran a la empresa para cumplir sus funciones, como limpieza, vigilancia, informática y comedor.



10- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

10.1. Identificación de actividades con impacto ambiental (fase construcción, producción y abandono); formas de mitigarlos:

Si bien el factor más importante una vez constituida la planta es el manejo de residuos, en las distintas etapas del proyecto se cuenta con otras actividades que generan un impacto ambiental como ser la contaminación sonora, el movimiento vehicular y de grandes máquinas y el movimiento de suelo.

Caracterización de los residuos sólidos generados por actividad:

A continuación, se detallan los desechos sólidos que surgirán durante las fases de construcción y operación de las instalaciones.

Etapa construcción:

Desechos domésticos:

Estos desechos surgirán como resultado de las actividades habituales en los talleres y principalmente constan de restos de alimentos, cartones, plásticos, papeles y envases, generados durante las jornadas laborales de los empleados.

Una vez generados, se deberán depositar temporalmente en bolsas plásticas dispuestas en contenedores adecuados, ubicados en áreas designadas exclusivamente para este propósito, con indicaciones de que solo se deben almacenar estos tipos de residuos.

Una vez que los contenedores alcancen su capacidad máxima, se recogerán y se acumularán en contenedores de mayor tamaño, para su posterior envío a instalaciones autorizadas de disposición final (vertederos). Se implementarán sistemas de control y se mantendrán registros de la generación de estos desechos, con el objetivo de poder documentar su gestión en el futuro.



Respecto a la contaminación sonora se respetaran horarios de trabajo de lunes a viernes de 8 a 13 hs y de 16 a 19 hs, a fin en su mayor medida ruidos molestos a los residentes.

Respecto al movimiento vehicular y de grandes máquinas, se realizará el ingreso en camiones de gran porte entre las 8 y 13 hs.

Residuos Especiales:

Dado el uso de maquinaria y las tareas realizadas, existe la posibilidad de generar residuos especiales, como se define en la Ley 11.720 y su Decreto Reglamentario 806/97 de la Provincia de Buenos Aires. Estos residuos consistirán principalmente en grasas y aceites minerales utilizados para el mantenimiento de equipos, recipientes con restos de estas sustancias, trapos impregnados en aceites, latas con restos de pintura a base de solvente o sintética, pinceles y rodillos sucios, entre otros.

Debido a la variedad de actividades de mantenimiento durante la fase de construcción, es difícil determinar un promedio de generación de estos residuos. Pero es importante que se almacenen temporalmente en áreas específicas diseñadas para este propósito. Estas áreas deberán cumplir con ciertas condiciones, como tener un piso impermeable, señalización adecuada, equipos de extinción de incendios cercanos y recipientes adecuados para el tipo de residuo. Además, se deberán identificar claramente los residuos almacenados.

La empresa deberá mantener en el lugar todos los documentos que respalden la gestión de los residuos especiales, como los manifiestos de transporte y los certificados de tratamiento, con el fin de proporcionar documentación adecuada a las autoridades cuando sea necesario.

Etapa de funcionamiento:

Desechos de origen doméstico:

Incluyen restos de papel, cartón, alimentos, bolsas de papel y partículas resultantes de las actividades de limpieza, sin la presencia de sustancias consideradas



especiales. Se sugiere que estos residuos se almacenen temporalmente en contenedores identificados y se ubiquen estratégicamente en las áreas de generación, como el comedor, las áreas administrativas, los vestuarios, entre otros.

Una vez que la empresa comience a operar y se determine la cantidad de residuos generados, se tomarán medidas para almacenarlos adecuadamente en el lugar hasta que sean retirados y enviados a una instalación de disposición final autorizada.

Residuos industriales no especiales:

Debido a las particularidades del proceso productivo de la empresa, se prevé la generación de residuos industriales no especiales durante su funcionamiento regular. Estos residuos pueden incluir envases vacíos que no hayan estado en contacto con sustancias especiales, restos de envases de insumos, papel y cartón. Deben ser colocados en contenedores identificados y pueden ubicarse en las mismas áreas que los desechos domésticos.

Un aspecto importante a considerar sobre estos residuos es su potencial para ser reutilizados, ya sea internamente en las instalaciones o por terceros. Se sugiere la posibilidad de clasificar estos residuos y darles un destino sostenible.

Aquellos residuos que no sean aptos para la reutilización deberán ser enviados a empresas autorizadas para su disposición final (vertederos). Se deberán conservar registros de la gestión de estos residuos para su revisión por parte de las autoridades de supervisión.

Residuos industriales especiales:

Los residuos especiales de la empresa surgirán de actividades operativas, de mantenimiento, de control de calidad o debido a eventos imprevistos que generen residuos relacionados con la actividad.

Se estima que los mismos estarán principalmente compuestos por:

- Desechos contaminados con producto de proceso.



- Catalizador agotado.
- Recipientes de vidrio contaminados derivados de control de calidad.

Se deben recolectar estos residuos en contenedores debidamente etiquetados, preferiblemente ubicados en áreas designadas en las instalaciones. Luego, se procederá a su transporte al Depósito Transitorio de Residuos Especiales.

Con regularidad, será necesario contratar empresas autorizadas para transportar estos residuos a instalaciones de tratamiento especializadas, aprobadas por la autoridad competente.

En cuanto al almacenamiento en el lugar de trabajo, es esencial contar con un área específica que cumpla con los requisitos establecidos en la Resolución 592/00 del OPDS. Esta área debe ser claramente delimitada y separada de otras zonas, contar con estructuras como techos, pisos y paredes impermeables, medidas de contención contra derrames, equipos de extinción de incendios adecuados al tipo de riesgo, y sistemas de identificación tanto de la disposición interna de los residuos como de los contenedores, incluyendo información como la categoría de control y la fecha de ingreso al depósito, entre otros detalles.

Caracterización de las emisiones gaseosas generadas por actividad:

Se identifican dos tipos de emisiones: las puntuales y las difusas, que se asocian a diferentes etapas de un proyecto.

Emisiones Puntuales:

Son aquellas que tienen una salida a la atmósfera localizada. Es decir, suelen tener un punto concreto por donde salen a la atmósfera, como puede



ser una chimenea, una torre de humos, etc. Al estar localizadas, estas emisiones son fácilmente controlables y medibles.

- Emisiones de los equipos a presión, es decir, las columnas, tanque y reactor.

Emisiones Difusas:

Están asociadas a las emisiones fugitivas, que son pérdidas que puede haber por fallas en equipos, por ejemplo en una brida de una cañería, y que regularmente no se observan hasta que se transforman en un peligro. Las mismas deben ser controladas a diario.

Caracterización de los efluentes líquidos generados por actividad:

Efluentes líquidos pluviales:

- Etapa de construcción: Se originan por precipitaciones sobre las estructuras en construcción, siendo absorbidos por el suelo del predio.
- Etapa de funcionamiento: Proviene de las precipitaciones en las cubiertas del edificio y son recolectados por tuberías hacia sistema de tratamiento de agua.

Efluentes líquidos cloacales:

- Etapa de construcción: En esta etapa se usan baños químicos, los cuáles estarán bajo responsabilidad del contratista para su correcto manejo.
- Etapa de funcionamiento: Asociados a las instalaciones sanitarias en la planta, dirigidos a un pozo absorbente tras pasar por una cámara séptica, que se conecta a la red de cloacas del barrio cementerio a 200 metros.

Efluentes líquidos industriales:



- Etapa de construcción: No se generan efluentes industriales, pero pueden haber otros líquidos de limpieza o preparación de mezclas, que deben gestionarse según regulaciones.
- Etapa de funcionamiento: Incluyen agua de refrigeración, limpieza de la planta y posibles derrames de productos.

10.2. Nivel de complejidad Ambiental:

En este apartado se llevará a cabo la evaluación del nivel de complejidad ambiental del proyecto, siguiendo las directrices establecidas en el decreto reglamentario N°1741/96. Conforme al Artículo 15° de la Ley 11.459, todos los establecimientos industriales, ya sean a instalarse o ya instalados en la Provincia de Buenos Aires, deben ser categorizados en una de las tres (3) clasificaciones, según su Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.). El artículo n°9 define el Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.) de un proyecto o establecimiento industrial mediante:

- La categorización de la actividad por rubro (Ru), considerando las materias primas, los materiales manipulados, elaborados o almacenados, y los procesos llevados a cabo.
- La calidad de los efluentes y residuos generados (ER).
- Los riesgos potenciales asociados a la actividad, tales como incendios, explosiones, riesgos químicos, acústicos y presiones que puedan afectar a la población o al entorno ambiental (Ri).
- El tamaño del proyecto, contemplando la cantidad de personal, la potencia instalada y la superficie (Di).
- La ubicación de la empresa, considerando la zonificación municipal y los servicios de infraestructura disponibles (Lo).

El Nivel de Complejidad Ambiental se expresa por medio de una ecuación polinómica de cinco términos:

$$\text{N.C.A.} = \text{Ru} + \text{ER} + \text{Ri} + \text{Di} + \text{Lo}$$

De acuerdo con los valores del N.C.A. las industrias se clasifican en:



- Primera categoría: hasta 11.
- Segunda categoría: más de 11 y hasta 25.
- Tercera Categoría: mayor de 25.

Los establecimientos que manejen sustancias inflamables, corrosivas, reactivas, infecciosas, genéticamente peligrosas, cancerígenas, o radioactivas, o que generen residuos especiales según la ley 11.720, siendo una amenaza para la población o el medio ambiente, serán clasificados como de tercera categoría, independientemente de su nivel de complejidad ambiental. El cálculo del nivel de complejidad se basará en el método y valores descritos en el Anexo 2 de este decreto.

Cálculo:

Rubro:

De acuerdo a la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, se dividen en tres grupos

- Grupo 1: se le asigna el valor 1.
- Grupo 2: se le asigna el valor 5.
- Grupo 3: se le asigna el valor 10.

De acuerdo a la siguiente tabla resumen del anexo I del decreto reglamentario en cuestión:

GRUPOS DE RUBROS Y ACTIVIDADES	PUNTAJE
0	1
1	9
2	15
3	23

Fuente: cátedra de Ingeniería ambiental. 2023.



Se determina que el proyecto pertenece al grupo 3 cuyo valor asignado es de 10.

Riesgo:

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:

- Riesgo por aparatos sometidos a presión: 1.
- Riesgo acústico: 1.
- Riesgo por sustancias químicas: 1.
- Riesgo de explosión: 1.
- Riesgo de incendio: 1.

Valor total asignado 5.

Dimensionamiento:

Se tendrá en cuenta:

a) Cantidad de personal:

- Hasta 15: adopta el valor 0.
- Entre 16 y 50: adopta el valor 1.
- Entre 51 y 150: adopta el valor 2.
- Entre 151 y 500: adopta el valor 3.
- Más de 500: adopta el valor 4.

Valor asignado 3.

b) Potencia instalada (en HP):

- Hasta 25: adopta el valor 0.



- De 26 a 100: adopta el valor 1.
- De 101 a 500: adopta el valor 2.
- Mayor de 500. adopta el valor 3.

Valor asignado 3.

c) Relación entre superficie cubierta y superficie total:

- Hasta 0,2: adopta el valor 0.
- De 0,21 hasta 0,5 adopta el valor 1.
- De 0,51 a 0,81 adopta el valor 2.
- De 0,81 a 1,0 adopta el valor 3.

Valor asignado 2.

Por lo tanto, el valor total para el factor dimensionamiento es 7.

Localización:

Se tendrá en cuenta:

a) Zona:

- Parque industrial: adopta el valor 0.
- Industrial Exclusiva y Rural: adopta el valor 1.
- El resto de las zonas: adopta el valor 2.

Por lo que se obtiene el valor de 0 al estar en un parque industrial

b) Infraestructura y servicios:

- Agua.
- Cloaca.
- Luz.
- Gas.

Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5.



Efluentes y Residuos:

Se clasifican como de tipo 0, 1 o 2 según el siguiente detalle:

Tipo 0:

- Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural.
- Líquidos: agua sin aditivos; lavado de plantas de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente.
- Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios.

Tipo 1:

- Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.
- Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales o que no pudiesen generar residuos especiales, provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/u otros que no contengan residuos especiales o de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales.

Tipo 2:

- Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1.
- Líquidos: con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales, que posean o deban poseer más de un tratamiento.
- Sólidos y/o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos especiales.



De acuerdo al tipo de Efluentes y residuos generados, el parámetro ER adoptará los siguientes valores:

- Tipo 0: se le asigna el valor 0.
- Tipo 1: se le asigna el valor 3.
- Tipo 2: se le asigna el valor 6.

En aquellos casos en que los efluentes y residuos generados en el establecimiento correspondan a una combinación de más de un Tipo, se le asignará el Tipo de mayor valor numérico.

Se concluye que los residuos y efluentes generados son del tipo 2, cuyo valor asignado del parámetro ER es 6.

Índice NCA inicial obtenido:

$$\text{N.C.A.} = R_u + ER + R_i + D_i + L_o = 9 + 6 + 5 + 8 + 0$$

$$\text{N.C.A. INICIAL} = 28$$

Por lo que el proyecto pertenece a la tercera categoría con un total de 28 puntos.



10.3 Matriz de impactos

Fase de construcción: Actividad obra civil			
Impacto		Medidas mitigatorias	Valoración de impacto
Aire	Emisiones de gases de combustión por parte de uso vehicular y maquinaria.	Utilizar automóviles con menos de 10 años de antigüedad. Realizar los mantenimientos periódicos correspondientes a los motores. Adoptar medidas de seguridad apropiadas para prevenir posibles contingencias. Contar con un plan para atender situaciones imprevistas.	Negativo (leve)
	Liberación de material particulado	Empleo de equipos de protección respiratoria para los trabajadores, delimitar áreas exclusivas para el público y, en la medida de lo posible, aplicar riegos en superficies susceptibles de volatilidad.	Negativo (leve)
Sonoro	Generación de ruidos y vibraciones	Implementar el uso de las EPP adecuados para los operarios, como protectores auditivos y aislar zonas al público.	Negativo (moderado)
Agua superficial	Realizar un correcto manejo para evitar contaminación de canales cercanos como Doña Flora.		Negativo (leve)
Agua subterránea	Calidad del agua subterránea por infiltración indirecta de	Contar con un plan de atención a las emergencias. Favorecer a las buenas prácticas de actividad.	Negativo (leve)
Suelo	Calidad de los suelos debido a derrames de sustancias por el obrador, erosiones y compactaciones.	Disponer de un plan apropiado para gestionar sustancias y productos. Supervisar la calidad del suelo en situaciones de derrames de contaminantes. Tener un plan adecuado para abordar contingencias. Disponer de recursos para hacer frente a situaciones imprevistas.	Negativo (leve)
Fauna	Afectación a la fauna debido a cambios realizados en el ambiente	Trabajar priorizando las buenas prácticas para evitar perturbaciones al ambiente innecesarias.	Negativo (leve)
Flora	Afectación a la flora debido a cambios realizados en el ambiente	Contar con los permisos pertinentes para la ejecución de la obra, emitidos por las autoridades de aplicación. Priorizar las buenas prácticas de trabajo, a fin de proteger zonas que no debieran ser afectadas por la obra.	Negativo (moderado)
Económico	Generación de empleo Contratación de empresas de ingeniería civil Adquisición de materiales de construcción	No debe mitigarse	Positivo
Recurso histórico o patrimonio cultural	Afectación de sitio de interés cultural	No existe patrimonio de interés cultural	Neutro

Fase de Operación: Almacenamiento y recepción de materia prima			
Impacto		Medidas mitigatorias	Valoración de impacto
Aire	Emisiones de vapores volátiles	Adecuado mantenimiento en los sistemas de ductos. Interrumpir los flujos de los procesos y evitar el ingreso al área afectada. Implementación de válvulas con los elementos de seguridad que interrumpan el flujo y detengan el flujo de las corrientes de proceso. Y paralela detención de equipos impulsores. Implementación de un plan de contingencia. Implementación de un plan de evacuación considerando la dirección de evento dado la ocurrencia de la emisión.	Negativo (moderado)
	Olores	No deberían existir olores debido a la peligrosidad de los materiales almacenados. Implementación de sistemas de controles y válvulas de seguridad de que interrumpan el flujo de los materiales. Implementación de un plan de contingencia en caso de fugas y olores. Interrumpir los flujos de los procesos y evitar el ingreso al área afectada. Implementación de un plan de evacuación considerando la dirección de evento dado la ocurrencia de la emisión.	Negativo (crítico)
Sonoro	Ruidos y vibraciones de equipos rotantes	Aislar los equipos y sistemas del público Adoptar las medidas de mantenimiento pertinentes para reducir el impacto	Negativo (leve)
Agua superficial	Realizar un correcto manejo para evitar contaminación de canales cercanos como Doña Flora.		Negativo (leve)
Agua subterránea	Calidad del agua subterránea por infiltración indirecta de sustancias	Contar con un plan de atención a las emergencias. Implementar sistemas de control y válvulas de seguridad que interrumpan el derrame. Contar con un plan de atención de contingencias adecuado. (Extraer el agua subterránea para recuperar)	Negativo (Moderado)
Suelo	Contaminación en caso de derrames	Medir la calidad del suelo y el nivel de contaminación del mismo. En caso de derrame se debe sanear el área afectada. Realizar la actividades de recuperación de sustratos correspondientes	Negativo (Moderado)
Fauna	Presencia de contaminantes	Trabajar priorizando siempre las buenas prácticas para evitar perturbaciones al ambiente innecesarias.	Negativo (leve)
Flora	Presencia de contaminantes	Priorizar las buenas prácticas de trabajo	Negativo (leve)



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional La Plata

Fase de Operación: Actividad acondicionamiento de reactivos previo a la síntesis de formaldehído			
Impacto	Medidas mitigatorias	Valoración de impacto	
Aire	Emisiones de vapores y gases	Adecuado mantenimiento en los sistemas de ductos y sistemas de control. Implementación de válvulas de seguridad que interrumpan el flujo y detengan el funcionamiento de equipos rotantes. Implementación de un plan de contingencia. Implementación de un plan de evacuación considerando la dirección de evento dado la ocurrencia de la emisión.	Negativo (moderado)
	Olores	No deberían existir olores debido a la peligrosidad de los materiales almacenados. Interrumpir inmediatamente el flujo de los procesos. Implementación de sistemas de controles y válvulas de seguridad de que interrumpan el flujo de los materiales. Implementación de un plan de contingencia en caso de fugas y olores. Evacuar las áreas afectadas, evitar el ingreso de personal. Implementación de un plan de evacuación considerando la dirección de evento dado la ocurrencia de la emisión.	Negativo (crítico)
Sonoro	Generación de ruidos y vibraciones	Aislar los equipos y sistemas del público. Emplear EEP. Mantenimiento adecuado de los sistemas de control. Aplicar mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. Aplicar plan de contingencia.	Negativo (moderado)
Agua superficial	Realizar un correcto manejo para evitar contaminación de canales cercanos como Doña Flora.		Negativo (leve)
Agua subterránea	Calidad del agua subterránea por infiltración indirecta de sustancias	Contar con un plan de atención a las emergencias. Implementar sistemas de control y válvulas de seguridad que interrumpan el derrame. Contar con un plan de atención de contingencias adecuado. (Extraer el agua subterránea para recuperar)	Negativo (Moderado)
Suelo	Calidad de suelos por contaminantes en caso de derrames	Monitoreo en los sistemas de control y seguridad para su adecuado funcionamiento. Medidas mitigatorias en caso de derrames, evitar total contacto directo con vapores que pudieran ser liberados por las sustancias derramadas y las superficies afectadas. Limpieza y acondicionamiento del área contaminada según ajuste las normativas pertinentes. Estudios de análisis de suelos para corroborar la presencia de contaminantes.	Negativo (moderado)
Fauna	Presencia de contaminantes	Trabajar priorizando siempre las buenas prácticas para evitar perturbaciones al ambiente innecesarias.	Negativo (leve)
Flora	Presencia de contaminantes	Priorizar las buenas prácticas de trabajo	Negativo (leve)

Fase de Abandono: Actividades de abandono			
Impacto	Medidas mitigatorias	Valoración de impacto	
Aire	Emisiones de gases de combustión de gases de combustión por parte de uso vehicular y maquinaria.	Utilizar vehículos con antigüedad menor a 10 años. Cumplir con los mantenimientos periódicos de los motores. Implementar medidas de seguridad acordes para prevenir contingencias. Disponer de un plan de atención a las contingencias.	Negativo (leve)
	Liberación de material particulado	Uso de protección respiratoria para los operarios, y aislar zonas al público y de ser posible, riego de superficies volátiles.	Negativo (leve)
Sonoro	Generación de ruidos y vibraciones	Implementar el uso de las EPP adecuados para los operarios, aislar las zonas al público.	Negativo (moderado)
Agua superficial	Realizar un correcto manejo para evitar contaminación de canales cercanos como Doña Flora.		Negativo (leve)
Agua subterránea	Calidad del agua subterránea por infiltración indirecta de sustancias	Contar con un plan de atención a las emergencias. Implementar sistemas de control y válvulas de seguridad que interrumpan el derrame. Contar con un plan de atención de contingencias adecuado. (Extraer el agua subterránea para recuperar)	Negativo (Moderado)
Suelo	Calidad de los suelos debido a derrames de sustancias por el obrador, erosiones y compactaciones.	Contar con un plan adecuado de manejo de sustancias. Contar con un plan de atención de contingencias adecuado. Limpieza de las áreas afectadas. Realizar la actividades de recuperación de sustratos correspondientes.	Negativo (leve)
Fauna	Afectación a la fauna debido a cambios realizados en el ambiente	Trabajar priorizando siempre las buenas prácticas para evitar perturbaciones al ambiente innecesarias.	Negativo (leve)
Flora	Se espera la afectación parcial de la flora	Contar con los permisos pertinentes	Negativo (leve)

Tabla: Matriz de impactos

Fuente: elaboración propia.



10.4 Riesgos en operación

Riesgos en transporte de Materia Prima y Producto. Formas de mitigación:

Se abordarán los riesgos fundamentales relacionados con el proyecto a través de un formato de preguntas y respuestas. Se ofrecerán soluciones y estrategias para enfrentar o reducir estos riesgos.

¿Qué pasaría si hay un paro del gremio de camioneros?

En situaciones de paro de transportistas, la instalación dispondrá de un inventario de seguridad de materias primas suficiente para abastecer a la planta durante 5 días, garantizando así su operatividad continua. Los productos finales serán resguardados en los depósitos destinados para productos terminados, los cuales tienen una capacidad de almacenamiento para cubrir 5 días de producción.

¿Qué pasaría si ocurre un accidente en la planta?

Según la naturaleza y gravedad del accidente, se determinará si la compañía puede resolver la emergencia internamente o si se trata de un problema más complejo que requiere la intervención de terceros. En caso de ser necesario, se notificará al PREIC (Plan de Respuesta a Emergencias con Impacto en la Comunidad), el cual está conformado por la municipalidad, prefectura, fuerzas policiales, cuerpo de bomberos, brigadistas, servicios de ambulancias, defensa civil, empresas, centros hospitalarios, medios de comunicación y la comunidad local.

Las medidas adoptadas deben ser ágiles, metodológicas y eficaces para mitigar tanto el impacto del accidente dentro de las instalaciones como en la comunidad circundante.

Brigadista:

Es el personal asignado que cuenta con la capacitación adecuada para responder antes los diferentes incidentes que puedan suceder en la planta.



Comunicación con colectivos sociales. Plan de evacuación

Los integrantes de la empresa deben reunirse regularmente con la comunidad para informar y atender sus inquietudes. Se deben tomar medidas para resolver problemas que puedan surgir por el funcionamiento normal de la planta o eventos extremos, como accidentes, con el objetivo de tranquilizar a la comunidad.

En caso de un accidente, se cuenta con un Plan de Respuesta ante Emergencias con Impacto en la Comunidad (PREIC), coordinado por diferentes actores, incluyendo municipios, organismos oficiales, empresas, hospitales, medios de comunicación y la comunidad. Este plan se pone en acción ante situaciones de riesgo para la comunidad, como incendios, explosiones o derrames.

Los pasos incluyen la comunicación temprana de la emergencia, la difusión de información a través de diversos canales, y la participación activa de la comunidad en medidas de autoprotección, como la evacuación o el confinamiento.

Una vez controlada la emergencia, los medios de comunicación informan a la población que la situación ha sido controlada.

Además, se cuenta con un Plan de Evacuación de Emergencia que establece procedimientos para evacuar a las personas en caso de amenazas. Se realiza una capacitación regular y se designan evacuadores para asegurar una evacuación segura en situaciones de emergencia.



¿Qué pasaría si hay una pérdida de formaldehído en algún tanque de almacenamiento de producto final?

Los depósitos estarán equipados con sensores y alarmas de nivel que indicarán el volumen actual de formaldehído. En caso de detectarse una fuga, se interrumpirá de inmediato el llenado del tanque, utilizando otro recipiente para almacenarlo. Se implementarán las medidas necesarias para contener la fuga; en caso de ser insuficientes, el tanque cuenta con un área de contención con capacidad dos veces superior al volumen de formaldehído almacenado.

Las disposiciones para los tanques se establecerán con estricto apego a las siguientes normas mínimas:

- Se prohíbe fumar en toda la planta.
- Se realizará un control riguroso del acceso de vehículos autorizados, los cuales deben contar con arrestallamas.
- Se emplearán herramientas que no generen chispas.
- Todos los dispositivos electrónicos, como radios, teléfonos, instrumentación portátil, computadoras y calculadoras, deben contar con clasificación a prueba de explosiones antes de su uso en áreas con contenido de metanol.
- En términos generales, se establecerá un perímetro de aproximadamente 3 metros "sin fuentes de inflamación" alrededor de las áreas de almacenamiento con contenedores individuales de bajo volumen de metanol.
- En caso de incendio en un camión o tanque de almacenamiento, se evacuará la zona a una distancia mínima de 850 metros en todas las direcciones. Dado que el metanol es tóxico, la indumentaria de los bomberos no proporcionará una protección efectiva ante derrames e incendios de metanol. Es importante destacar que el umbral de olor del



metanol está significativamente por encima del límite de exposición tóxica.

- Los recipientes portátiles, camiones y tanques de almacenamiento están sujetos a riesgos como BLEVE (Explosión de un recipiente a presión de líquido inflamable). Se establecerán precauciones de seguridad considerando la presión excesiva, el flujo térmico radiante y los peligros de exposición tóxica.

¿Qué pasaría si hay derrame de metanol?

En caso de producirse un derrame de metanol en la planta, el personal debe contar con la formación adecuada para abordar la situación.

El equipo de respuesta ante derrames debe incluir lo siguiente:

- Varios tipos y tamaños de materiales adsorbentes (tales como esponjas adsorbentes).
- Pala de plástico (que no genere chispas) para manipular los materiales absorbentes.
- Cinta de precaución amarilla u otros dispositivos de señalización.
- Barril o recipiente para el material de desecho recogido.
- Dispositivos de comunicación de emergencia a prueba de explosiones, como transmisores.
- Gafas y máscaras diseñadas para proteger contra salpicaduras de productos químicos.
- Guantes de butilo o nitrilo.
- Botas de caucho.
- Uniformes resistentes a productos químicos.
- Múltiples extintores de incendios.
- Botiquines industriales de primeros auxilios.



- Es crucial no utilizar máscaras antigás con cartuchos de vapor orgánico como protección contra los vapores de metanol.

Se deben colocar estaciones de duchas de cuerpo completo y lavaojos en las proximidades, suministrando 15 minutos de agua para descontaminar al personal expuesto. Además, se deberá contar con un suministro amplio de agua potable para lavarse y beber, así como vehículos adecuados para el transporte de emergencia.

Las medidas de acción ante un derrame son las siguientes:

- Detener o reducir la velocidad de desprendimiento de metanol en el punto de desprendimiento, si es seguro hacerlo.
- En presencia de vapores nocivos, evacuar, activar la alarma de desprendimiento de vapor y notificar al supervisor o al coordinador de emergencias.
- Eliminar todas las fuentes de inflamación a una distancia segura del punto de desprendimiento y de la acumulación cercana de metanol.
- Evacuar a todas las personas sin equipos protectores del área del derrame o de fugas hasta que se complete la limpieza.
- Dar instrucciones para evitar caminar sobre el producto derramado, evitando el contacto con la piel y la inhalación.
- Instruir a las personas a posicionarse en sentido contrario al viento y a no acercarse a áreas bajas donde se pueda acumular vapor.
- Para derrames e incendios de gran magnitud, contactar inmediatamente a los bomberos.

¿Qué pasaría si hay derrame de formaldehído?

Además de tener en cuenta las mismas medidas para el derrame de metanol, se deberá tener en cuenta que el formaldehído puede barrerse con agua debido a su capacidad de disolución.



Si los empleados tienen la responsabilidad de limpiar los derrames, es crucial que reciban la formación adecuada y tengan el equipo necesario. Debe cumplirse con la normativa de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) sobre la gestión de desechos peligrosos y la respuesta a emergencias.

En caso de fuga o derrame de formaldehído, se deben seguir los pasos siguientes:

- Evacuar al personal y restringir el acceso a la zona.
- Eliminar cualquier fuente de posible ignición.
- Absorber los líquidos derramados con vermiculita, arena seca, tierra u otro material similar y colocarlo en recipientes herméticos. (zona cercana al punto de derrame con material absorbente almacenado)
- Ventilar la zona del derrame o fuga.
- No verter los derrames en desagües.

Tener en cuenta la toxicidad del formaldehído para la vida acuática.

Distancias de aislamiento:

- Derrame pequeño: 30 metros (100 pies).
- Derrame grande: 60 metros (200 pies).
- Incendio: 800 metros (0.5 millas).

¿Qué pasaría si hay un incendio en la planta?

En caso de un incidente como un incendio en la planta, se implementarán medidas que incluirán la detección temprana, una respuesta inmediata y una acción de respuesta adecuada. Estas acciones serán llevadas a cabo por los operarios de la planta, brigadistas especializados, la gerencia de la empresa y los bomberos. Se notificará al PREIC sobre el incidente para que tomen las medidas correspondientes.



- Detección Temprana

Para la detección temprana de incendios de metanol, se utilizarán dos tecnologías de instrumentación. En primer lugar, la detección de vapor permitirá aislar y mitigar una fuente de metanol que emita grandes cantidades de vapor antes de que se inflamen los vapores. En segundo lugar, se empleará la formación de imágenes térmicas para identificar puntos calientes y conexiones sueltas en sistemas eléctricos, siendo efectiva en la identificación de incendios de metanol.

- Respuesta Inmediata

El metanol, debido a su baja temperatura de llama y llamas no luminosas, reduce significativamente el índice de flujo térmico radiante. Esto permite a los bomberos acercarse más al incendio, pero la dificultad para determinar la ubicación e intensidad del fuego hace necesario el uso de dispositivos de formación de imágenes térmicas.

- Acción Apropriada

Los incendios de metanol requieren procedimientos especiales:

Se utilizará exclusivamente espuma como supresor de incendios, siendo compatible con el alcohol resistente a altas temperaturas, como la espuma de fluoro proteína formadora de película, especialmente una espuma acuosa formadora de película resistente al alcohol (AR-FFFP).

La aplicación de la espuma al incendio se realizará a una distancia sustancial. Después de extinguir el fuego, se continuará aplicando la espuma durante un tiempo prudente, ya que los incendios de metanol pueden reiniciarse si la supresión de espuma cesa demasiado pronto.

Dado que el metanol es tóxico y se absorbe a través de la piel, se utilizarán trajes SCBA resistentes a productos químicos de nivel "B" para evitar la absorción cutánea.



¿Qué pasaría si el producto está fuera de especificación?

Si el producto no cumple con las especificaciones, se dirigirá al depósito destinado para productos fuera de especificación. Según el parámetro específico que haya causado el rechazo, se aplicarán las siguientes medidas correctivas:

- Sometimiento a re proceso para obtener el producto dentro de las especificaciones.
- Comercialización como un producto de calidad inferior.
- Despacho a la planta de tratamiento de efluentes.

¿Qué pasaría si el camión que transporta el producto terminado tiene un siniestro y se produce una fuga de formaldehído?

Si se detecta una fuga en el camión cisterna, se procederá a evacuar la zona, manteniendo una distancia de al menos 850 metros en todas las direcciones. Debido a la toxicidad del formaldehído, la indumentaria de los bomberos estructurales no proporcionará una protección adecuada contra derrames e incendios de metanol.

En el caso de derrames de pequeña magnitud, podría ser necesario el uso de equipos de protección contra vapores de nivel "B", junto con guantes y protección respiratoria con suministro de aire. La contención del derrame se realizará mediante arena, tierra u otro material incombustible absorbente, seguido de un enjuague del área con agua.

Para derrames de mayor envergadura, se procederá a diluir el formaldehído con agua y luego se implementarán las medidas de mitigación ambiental necesarias.



¿Qué pasaría si existe una falla en el sistema de calentamiento de las columnas de destilación?

Se enviarán los líquidos de los equipos fuera de especificación al tanque reservado para esto. Se continuará circulando el refrigerante.

¿Qué pasaría si se corta el suministro de energía?

En caso de un corte de energía, la planta adoptará un modo seguro mediante las siguientes acciones:

- Se interrumpirá el suministro de vapor y materia prima, provocando que la reacción alcance la temperatura de apagado. Circulando el agua de enfriamiento
- Se cortará el suministro de vapor a todos los intercambiadores y reboilers de las columnas del proceso.
- La salida del reactor se venteará hacia la antorcha. En las entradas de las columnas, se interrumpirá la alimentación de formaldehído, enviándolo al tanque de producto fuera de especificación para su posterior reproceso. Para liberar la presión del sistema, se abrirán las válvulas de los acumuladores de las torres, y los vapores resultantes se dirigirán a la antorcha.
- Se deben inundar las columnas, en el caso del reactor podrá vaciarse barriendo con nitrógeno.
- Las salidas de producto de las torres se dirigirán al tanque de producto fuera de especificación para su posterior reproceso.



¿Qué pasaría si la demanda nacional de formaldehído bajara significativamente?

En caso de una baja en la demanda nacional de metanol se evaluaría la opción de exportarlo desde el puerto de Ensenada hacia su destino.

10.4 Conclusión

Habiendo recabado todo el material solicitado por la OPDS, entre ellos:

- Nota de solicitud del Certificado de Aptitud ambiental e instrumentos jurídicos que acrediten al titular del proyecto
- Certificado de Zonificación
- Constancia de presentación ante la Dirección Provincial de desarrollo y Promoción Industrial
- Certificado de cómputo y presupuesto para la ejecución total de la obra
- Informe de consumos máximos estimados y documentación que acredite factibilidad de provisión de servicios
- Constancia de inscripción en el BUDURH
- Factibilidad hidráulica de vuelco de efluentes líquidos residuales generales.
- Certificado de Aptitud Hidráulica
- Constancia de Inicio de Trámite ante organismo provincial competente (Autoridad del Agua)
- Indicar grado de inundabilidad del predio
- Barrera forestal



Pero, lo más importante a obtener, es el Manual de Gestión Ambiental. Para el cual se requiere presentar a la OPDS:

- La evaluación de impacto ambiental
- Memoria descriptiva de los procesos productivos con detalle de cada etapa
- Croquis con identificación de equipos o instalaciones productores de efluentes gaseosos, líquidos, sólidos y/o semisólidos y su cuantificación.
- Descripción de elementos e instalaciones para la seguridad y preservación de la salud del personal y prevención de accidentes, en función de la cantidad de personal y grado de complejidad de peligrosidad de la actividad industrial a desarrollar.

Se ha presentado toda la documentación necesaria, encontrándonos a la espera de la auditoría correspondiente para que se dé el certificado de aptitud ambiental. Dicho Certificado posee una validez de 2 años siendo auditable cada año de vida del proyecto.



11. Evaluación Económica

El propósito primordial de todo análisis económico consiste en estimar la futura rentabilidad de la inversión en el proyecto, con el objetivo de determinar su viabilidad financiera.

Todo cálculo realizado en dicho análisis será efectuado en dólares americanos (U\$D). Utilizando la cotización de 800 pesos por dólar.

Inversión Inicial

La inversión inicial estará dividida en Inversión de Capital Fijo (CFI) y Capital de Trabajo (WC). La suma de estos dos, nos determinará la inversión inicial.

Tengamos en cuenta que la planta deberá contar con la inversión suficiente para la obtención del terreno, los permisos, la construcción, los servicios, maquinaria, entre otras.

11.1. Capital Fijo

Cuando hablamos de Capital Fijo, nos referimos al dinero requerido para obtener todo bien tangible, es decir, todo el activo fijo para que pueda realizarse el proyecto.

Capital fijo: Inversión de equipos + inversiones complementarias (cañerías, accesorios, etc)

Para proceder a la cotización de los equipos con lo cual operaremos en la planta realizaremos una estimación empleando la Ec de Williams.

Ésta última es una relación entre la inversión para dos equipos, en base a un factor de capacidad, elevado a un exponente con determinado orden.

$$\frac{I_{eq1}}{I_{eq}} = \left(\frac{Cap_{eq}}{Cap_{eq}} \right)^{\text{exponente}}$$

Siendo:



I : Inversión de un equipo

Cap: Capacidad referente a un equipo

Exponente: Factor exponencial perteneciente a cada unidad, en función de su tipo. Respecto al proyecto en cuestión se considera como 0.6.

Tipo de equipo	Exponente
Heat exchanger, shell and tube, floating head	0,6
Kettle, cast iron, jacketed	0,27
Pump, centrifugal, horizontal, cast steel + motor	0,33
Reactor	0,56
Tower	0,62
Tank, flat head	0,57
Compressor	0,79

Tabla: Exponentes para cálculo de costos

Cuadro de elaboración propia. Fuente: Plant Design and Economics for Chemical Engineers – Peters

Entonces utilizando dicha ecuación podemos estimar el costo de nuestros equipos tomando como referencia equipos ya diseñados, y para realizar esta estimación tomaremos en consideración los equipos considerados como “críticos” utilizándolos como referencia en aquellos que no están diseñados.

Se procede a realizar un listado de los equipos estimados según la aplicación de la Ecuación de Williams. Teniendo en cuenta la cantidad de equipos a cotizar y su correspondiente valor, calculamos la inversión total requerida. Se agrega un margen adicional relacionado con la necesidad de incorporar accesorios o los requerimientos especiales del equipo para la aplicación.



Equipo	Cálculo	Precio base MM U\$D	% Instalación	Precio Equipo U\$D	Cantidad	Total
Bomba	Estimación por Capacidad	0.40	25%	0.5	4	2
Compresor	Según datasheet	0.65	49%	0.97	1	0.97
Booster	Según datasheet	0.004	25%	0.005	3	0.02
Intercambiador	Según datasheet	0.81	49%	2.3	5	11.5
Reactor Multitubular	Según datasheet	1.10	49%	1.64	1	1.64
Columna rellena	Según datasheet	0.48	78%	0.86	1	0.86
Columnas de platos	Estimación por Capacidad	0.16	78%	0.03	2	0.06
Condensador	Estimación por Capacidad	0.38	49%	0.56	1	0.56
Reboiler Kettler	Estimación por Capacidad	0.79	49%	1.18	1	1.18
Acumulador Flash	Estimación por Capacidad	0.55	49%	0.82	1	0.82
Tanque	Según datasheet	0.90	49%	1,34	6	8
TOTAL						27,61

Tabla: Costo de Equipos
Fuente: Elaboración propia

La inversión total se calculó aplicando método porcentual propuesto por “Plant Design and Economics for Chemical Engineers – Peters”, donde se tendrá que cada factor adicional considerado, contribuye con un porcentaje respecto a la inversión en equipos.

Los porcentajes dependerán de la complejidad de la planta.

Terreno	20%	5.52
Ingeniería	8%	2.2
Obra Civil	25%	6.9
Piping	30%	8.3
Optimización y control	10%	2.8
Sistema eléctrico	8%	2.2
Paro	3%	0.83



Contingencias	8%	2.2
Capacitación	2%	0.55
OSBL	50%	13.8
Extra equipo	2%	0.55
Total		48.20

*Tabla: Adicionales a inversión en equipos
Fuente: Elaboración propia*

El costo total de capital fijo (FCI) será la suma de la cotización total de equipos y el resto de las inversiones.

$$\text{FCI} = 75,80 \text{ MMU}\$D$$

11.2 Capital de Trabajo:

Cuando hablamos de Capital de Trabajo hacemos referencia a la cantidad de recursos financieros que la empresa requiere para realizar su actividad.

Entonces, lo definimos como la cantidad de dinero necesaria para comenzar a operar y de esta manera, a largo plazo, recuperar la inversión realizada.

$$\text{WC} = \text{Activo circulante} - \text{Pasivo Circulante}$$

El Activo Circulante son los activos que a corto plazo se convertirán en efectivo. Entre ellos tenemos el inventario, dinero de cajas y bancos y las cuentas por cobrar.

Cuando hablamos de inventario nos referimos a aquel que está compuesto por el stock de materias primas, insumos y los subproductos y productos terminados.

Nuestra materia prima principal es el Metanol, obtenido a través de ductos desde el CIE, contando con una capacidad de almacenamiento de 126,7 Tn.



Año	Precio (U\$D/Tn)
2012	500
2013	698
2014	556
2015	556
2016	270
2017	427
2018	384
2019	261
2020	254
2021	300
2022	330
2023	350
2024	385

Tabla: Evolución de precios. Cuadro de elaboración propia.
Fuente: Instituto nacional de Vitivinicultura

Materia Prima	Tn/mes	Precio (U\$D/Ton)	Mensual (MMU\$D)
Metanol	882	385	0.34

Tabla: Inventario.
Fuente: Cuadro de elaboración propia

El monto total de egreso por compra de materia prima es de **0.34 MMU\$D**.

También se considerará el costo asociado a la máxima cantidad de productos y subproductos que pueden almacenarse dentro de la planta. Para el cálculo de este punto se consideran los tanques de producto.

Consideraremos también las cuentas por cobrar que serán los ingresos obtenidos por las ventas de los productos en un mes del año inicial.

Producto	Tn/año	Tn/mes	Precio (U\$D/Ton)	Mensual (MMU\$D)
Formaldehído	20.000	1.666	1500	2.5

Tabla: Ingreso por ventas mensual.
Fuente: Cuadro de elaboración propia

En nuestro caso en el primer mes de ingreso por ventas de adquiere un monto de **2.5 MMU\$D**.



Las cuentas por cobrar, es la inversión necesaria como consecuencia de vender a crédito y depende del Período de Recuperación (PPR) en que la empresa recupera el capital. Se considera un PPR de 90 días.

$$\text{Cuentas por cobrar} = CxC = \left(\frac{\text{ventas anuales}}{365} \right) PPR$$

Ventas	Mes 1 de Producción
Venta Producto Principal [MMU\$D]	2,5
PPR	90
Cuentas por cobrar	0,6

Tabla: Cuentas por cobrar.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.

Cajas y Bancos

Por otro lado tendremos también las cajas y bancos que será el efectivo con el que debe contar la empresa para hacer frente ante cualquier imprevisto. Este valor ronda entre un 10 y 20% del total invertido, en nuestro caso usaremos un valor intermedio.

Cajas y bancos = 0.15 (inventarios + cuentas por cobrar)

Inventario (MMUS\$)	2,5
Cuentas por cobrar (MMUS\$)	0.6
Cajas y Bancos (MMUS\$)	0.48

Tabla: Cajas y Bancos.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.

Por último calcular el Activo Circulante Total:

Inventarios + Cuentas por cobrar + Cajas y Bancos = Activo Circulante Total

Activo Circulante: 3.3 MMU\$D

El Pasivo Circulante también conocido como pasivo corriente o deudas a corto plazo, se refiere a las obligaciones financieras y compromisos que una entidad



o empresa debe pagar en un período de tiempo relativamente corto, generalmente dentro de un año. Estos compromisos son considerados "circulantes" porque se espera que se liquiden en el corto plazo, utilizando recursos actuales como efectivo, activos líquidos o mediante la generación de ingresos en el ciclo operativo normal del negocio. Incluyen cuentas por pagar a proveedores, préstamos a corto plazo, impuestos por pagar, salarios y beneficios pendientes de pago, entre otros.

$$\text{Tasa circulante} = TC = \frac{AC}{PC} \geq 3$$

TC = Tasa Circulante
AC = Activo Circulante
PC = Pasivo Circulante

$$\text{Pasivo circulante} = PC = \frac{AC}{3} =$$

Pasivo Circulante = 1.1 MMU\$D

Por lo tanto el capital de trabajo se calculará:

Capital de Trabajo (WC)= Activo Circulante - Pasivo Circulante = **2,2 MMU\$D**

11.3. CAPEX:

Se refiere a los desembolsos financieros realizados por una empresa o entidad para la adquisición, mejora, mantenimiento o ampliación de activos físicos a largo plazo, como edificios, maquinaria, equipos, tecnología y otros elementos que se utilizan en las operaciones comerciales.

CAPEX = Capital de Trabajo (WC) + Inversión de Capital Fijo (FCI)

FCI	75.8
WC	2.2
CAPEX	78

*Tabla: Cálculo CAPEX.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.*



11.4 Depreciación y amortización:

Definimos depreciación como el costo asociado a la disminución del valor de los bienes materiales a través del tiempo. Conocer dicho valor nos permitirá prever y contar su reemplazo al final de su vida útil sin afectar a la empresa ya que se tendrá una reserva que fue acumulada hasta ese momento. Con dicho cálculo sabremos cual es el valor que descontaremos del flujo de caja.

Utilizaremos el método de la línea recta que considera la diferencia entre el valor de adquisición de los bienes materiales y el valor de salvamento dividido a la cantidad de años de amortización (10 años).

$$d = \frac{V - Vs}{n}$$

Donde:

d: Depreciación anual

V: Valor de bien a depreciar

Vs: Valor de salvamento considerado

N: Cantidad de años considerados para la depreciación

El salvamento representa la estimación del valor que un activo tendrá al final de su vida útil (10 años). Sin embargo, no hay un valor de salvamento estándar que se aplique a todos los activos en la provincia de Buenos Aires, ni en ninguna otra jurisdicción.

El utilizado generalmente en la provincia de Buenos Aires es del 100%.

Respecto a las amortizaciones, la provincia de Buenos Aires considera un 100%. Éstas tienen el mismo concepto que las depreciaciones pero con bienes intangibles.

El valor final del mismo influye en el flujo de caja de la empresa a partir del primer año de producción.



11.5. Cálculo de ingreso bruto:

Este valor determina la rentabilidad del proyecto. Su cálculo se realiza considerando los ingresos y egresos de dinero durante 10 años. Claramente los mismo dependerán de la producción y el mercado.

Estimación de Ingresos:

Los ingresos dependerán exclusivamente de la venta de formaldehído. El precio promedio de los últimos años es de 1370 U\$D/Tn, según los valores obtenidos del Instituto Petroquímico Argentino y consideraremos un aumento anual del 3% considerando el aumento de precio de los últimos años.

Se considera que la producción en el primer año será de 70% del alcance del proyecto, con un total de 14.000 Tn de Formaldehído y en su segundo año será de 85% del alcance del proyecto, siendo esto 16.000 Tn.

Para los años siguientes consideraremos un 90% del alcance en consideración a paradas imprevistas.

Año	Precio [U\$D/Tn]	Producción	Ventas [MMU\$D/Tn]
2024	1370	0	0
2025	1410	0	0
2026	1453	0	0
2027	1500	14000	21.0
2028	1545	16000	24.72
2029	1592	18000	28.66
2030	1640	18000	29.52
2031	1688	18000	30.38
2032	1739	18000	31.3
2033	1791	18000	32.24
2034	1845	18000	33.21
2035	1900	18000	34.2
2036	1960	18000	35.3

Tabla: Ingresos. Cuadro de elaboración propia.
Fuente: Anuario IAPG



Estimación de Egresos:

Estos corresponderán a la compra de materia prima, es decir el Metanol. Tomaremos el precio del mismo extraído del IAPG donde el precio oscila en los 385 U\$/Tn.

Entonces según el Balance de masa, calculamos el egreso correspondiente a la compra de materia prima según la producción anual planteada en nuestro Alcance.

Materia Prima	toneladas/año	Costo (U\$/t)	MMU\$D
Metanol	21333	385	9.7

Tabla: Balance de masa, Egreso.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.

Egresos por compra de MP		
Año	Capacidad	MMU\$D/año
2024	0%	0
2025	0%	0
2026	0%	0
2027	70%	5,75
2028	85%	6,64
2029	100%	8,38
2030	100%	8,46
2031	100%	8,55
2032	100%	8,63
2033	100%	8,72
2034	100%	8,81
2035	100%	8,89
2036	100%	8,98

Tabla: Egresos.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.



11.6. OPEX:

Son todos los costos necesarios para producir. Se dividen en costos fijos y costos variables.

Costos fijos:

Estos costos son referidos al sueldo del personal, mantenimiento, seguros, impuestos, etc. No dependen de la cantidad de producción.

Respecto al personal se considerarán 13 meses, teniendo en cuenta 12 meses y un sueldo anual de compensación. Al personal de turno se le otorgará un 30% adicional.

Gerencia	Puesto	Cantidad	Sueldos Mensuales Unitarios(USD)	Sueldos Mensuales (USD)	Sueldos Anuales (USD)	
Gerencia	Gerente Gral	1	3000	3000	39000	
Secretaría	Secretaría	1	700	700	9100	
Recursos Humanos	Jefe RRHH	1	1700	1700	22100	
	Secretaría	1	700	700	9100	
	RRHH	2	700	1400	18200	
	Selección y Reclutamiento	1	700	700	9100	
	Formación	2	700	1400	18200	
	RRL	1	700	700	9100	
	Médicos	1	1365	1365	17745	
	Enfermeros	5	700	3500	45500	
	Relación con la comunidad	1	700	700	9100	
	Producción	Jefe de Planta	1	1700	1700	22100
Supervisor Operaciones		5	1200	6000	78000	
Tablerista Operaciones		5	800	4000	52000	
Operario Operaciones		17	700	11900	154700	
Supervisor Logística		1	1000	1000	13000	
Operario de Logística		2	700	1400	18200	
Supervisor de Energía		5	1200	6000	78000	
Tablerista Energía		5	800	4000	52000	
Operario de Energía		9	700	6300	81900	
Responsable de Seg. Hig.		1	1200	1200	15600	
Jefe de Mantenimiento		1	1700	1700	22100	
Supervisor Mantenimiento		5	1200	6000	78000	
Técnicos Mantenimiento Equipos		10	900	9000	117000	
Mantenimiento	Operador Almacenes	4	700	2800	36400	
	Ing. Mec.	1	1500	1500	19500	
	Ing. Civil	1	1500	1500	19500	
	Verificación Equipos	3	1000	3000	39000	
	Coordinador de Paro	1	1100	1100	14300	
	Jefe de Administración	1	1700	1700	22100	
	Responsable Servicios Generales	1	1200	1200	15600	
	Responsable de Control de Gestión	1	1200	1200	15600	
Administración	Responsable de Planificación	1	1200	1200	15600	
	Responsable de Compras y Contrataciones	1	1200	1200	15600	
	Contaduría	2	700	1400	18200	
	Tesorería y Asist.	3	700	2100	27300	
	Administrativos	13	700	9100	118300	
	Jefe Servicio Técnico	1	1700	1700	22100	
	Responsable de Laboratorio	1	1200	1200	15600	
	Supervisor de Laboratorio	5	1200	6000	78000	
Servicio Técnico	Analistas de laboratorio	5	900	4500	58500	
	Saca muestra	9	700	6300	81900	
	Responsable de calidad	1	1200	1200	15600	
	Asistente Calidad	4	700	2800	36400	
	Responsable Medio Ambiente	1	1200	1200	15600	
	Asistente Medio Ambiente	6	700	4200	54600	
	Responsable Procesos y Proyectos	1	1500	1500	19500	
	Asistentes Técnicos	6	700	4200	54600	
	Contratados	20	700	14000	182000	
	Total [MMU\$D]			52.265	149.955	1.949
	TOTAL [MMU\$D]			0,05	0,15	1,95
TOTAL con cargas sociales [MMU\$D]			0,08	0,22	2,92	



Tabla: Sueldo del personal. Cuadro de elaboración propia.
Fuente: UOYEP

El resto de los costos fijos se calcularán a partir del CAPEX.

- Mantenimiento, 2% CAPEX
- Contratos, 1% del ingreso bruto
- Seguros, 0,5% del CAPEX

Costo	[MMU\$D]
Personal	2,92
Mantenimiento	2,20
Contratos	0,68
Seguros	0.78
CF TOTALES	6.58

Costos fijos anuales. Cuadro de elaboración propia

Por lo tanto los costos fijos totales serán **6.58 MMU\$D**

Costos variables:

Serán los que dependerán del volumen de producción.
Consideraremos los servicios requeridos para el funcionamiento de las operaciones, electricidad, agua, gas, etc).

Servicios	Costo Unitario	Cantidad Anual	Costo Anual (MMU\$D)
Agua (Tn)	3 USD/Tn	1382744	4.1
Vapor (Tn)	15 USD/Tn	137 608	2.0
Electricidad (kW)	35 USD/KW	47 651	1.7
Gas Natural (m ³)	95 USD/mM3	0.15	0.000014

Tabla: Costos variables.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.

Por otro lado se estiman tanto el impuesto como los gastos comerciales en función al margen bruto esperado en el primer caso serían 2% del ingreso bruto y en el segundo serían 1% del ingreso bruto.

Comerciales: 0,15 MMU\$D

Impuestos: 0,07 MMU\$D

Costos variables totales: **8,2 MMU\$D**



11.7. Flujo de caja:

Es el balance final del proyecto. Se toma en cuenta el tiempo desde que se decide invertir, adquisición de bienes, construcción, puesta en marcha y funcionamiento. Tomaremos un total de 12 años.

Nos dará información sobre la rentabilidad del proyecto.

Se adjunta Flujo de Caja como tabla al Proyecto.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Concepto	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
Ventas		0,00	0,00	21,00	24,70	28,66	29,52	30,38	31,30	32,24	33,21	34,20	35,30
Producto				21,00	24,70	28,66	29,52	30,38	31,30	32,24	33,21	34,20	35,30
Otros				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compras		-7,80	-7,80	-5,75	-6,64	-8,38	-8,46	-8,55	-8,63	-8,72	-8,81	-8,89	-8,98
MP1				-5,75	-6,64	-8,38	-8,46	-8,55	-8,63	-8,72	-8,81	-8,89	-8,98
MP2													
Cuota de Bancos		-7,80	-7,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Margen Bruto	-7,80	-7,80	15,25	18,06	20,28	21,06	21,83	22,67	23,52	24,40	25,31	26,32	
OPEX	-14,88	-14,95	-15,05	-15,03	-15,03	-15,00	-14,97	-14,94	-14,91	-14,88	-14,85	-14,85	
Fijos		-1,68	-1,67	-1,70	-1,65	-1,60	-1,55	-1,49	-1,44	-1,38	-1,32	-1,32	
Personal		2,65	2,70	2,76	2,81	2,87	2,93	2,98	3,04	3,10	3,17	3,17	
Over Head		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mtto		-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	
Contratos		-0,29	-0,33	-0,42	-0,42	-0,43	-0,43	-0,43	-0,44	-0,44	-0,44	-0,44	
Seguros		-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	
Royalties		-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	
Variables		-13,20	-13,29	-13,35	-13,38	-13,40	-13,42	-13,42	-13,45	-13,48	-13,50	-13,53	
Quimicos		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Catalizador		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Vapor		-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	
Agua		-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	
Electricidad		-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	
Logisticos		-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	
Comerciales		-0,31	-0,36	-0,41	-0,42	-0,44	-0,45	-0,47	-0,49	-0,51	-0,53	-0,53	
Impuestos		-0,15	-0,18	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,23	-0,24	-0,24	-0,25	-0,26	
EBITDA	-7,80	-7,80	0,37	3,11	5,23	6,03	6,83	7,70	8,58	9,49	10,43	11,47	
Amortizaciones			-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	
EBIT	-7,80	-7,80	-7,42	-4,69	-2,57	-1,76	-0,96	-0,10	0,78	1,69	2,63	3,67	
IG			2,60	1,64	0,90	0,52	0,34	0,03	-0,27	-0,59	-0,92	-1,23	
EBT	-7,80	-7,80	2,97	4,75	6,13	6,65	7,17	7,73	8,30	8,90	9,51	10,18	
Intereses Bancarios		0,39	0,39	0,39	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	
Pago Accionistas		-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	
NI	0,00	-13,25	-13,25	-2,48	-1,09	0,29	0,81	1,33	1,89	2,47	3,06	3,67	
CAPEX	0,00	0,00	0,00	-3,90									
Erogaciones		-7,02	-54,57	-16,37									
Prestamos Bancarios		7,02	16,37	0,00									
Accionistas		0,00	38,20	16,37									
Paro				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,90	0,00	0,00	0,00	
Catalizador				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Continuidad				-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	
SMASS				-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	
Integridad				-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	
VS (si se evalua)												0,00	
Flujo de Fondo	0,00	-13,25	-13,25	-6,38	-4,99	-3,61	-3,09	-2,57	-1,90	-1,43	-0,84	5,61	
Flujo Acumulado	-13,25	-26,49	-32,87	-37,86	-41,47	-44,56	-47,13	-50,03	-53,03	-56,16	-59,49	-62,89	



Cálculos realizados:

- Margen operativo = Ingreso – Egresos
- OPEX = Costos Variables + Costos Fijos
- EBITDA = Margen operativo – OPEX
- Amortización = CAPEX/10 (10 años de evaluación)
- EBIT = EBITDA – Amortizaciones
- IG = EBIT * Tasa IG (para Argentina Tasa IG 30%)
- EBT = EBITDA – IG
- NI = EBT – Intereses y Pagos
- FF = NI – CAPEX

Se tomará un préstamo bancario y accionario del CAPEX.

El préstamo solicitado a los accionistas será de 70% del CAPEX y el 30% del CAPEX será del préstamo bancario.

Se recibirá en los 3 primeros años la erogación requerida para cubrir el CAPEX.

Erogación Total	0° Año	1° Año	2° Año	Total (MMU\$D)
Porcentaje de pago	9%	70%	21%	100%
MMU\$D	7,00	54,00	16,00	77,00

Tabla: Crédito total.
Fuente: Elaboración propia.

Los intereses serán los siguientes, a pagar en 10 años.

Préstamo		
Tipo	Accionistas	Bancario
% Préstamo	70	30
Monto (MMU\$D)	54,00	23,00
Tasa	7%	5%
Años	10	3
Pago (MMU\$D)	7,7	5,5

Tabla: Préstamos.
Fuente: Cuadro de elaboración propia.

La erogación bancaria será en dos cuotas, la primera en el año 0 y la segunda en el 1.

La accionaria por su parte será en 2 cuotas, la primera el 1 año y la segunda el segundo año.



Erogación Diferenciada	Cuota 1	Cuota 2 y 1	Cuota 2	Total (52 MMU\$D)
% Pago Bancario	30%	70%	-	100%
(MMU\$D)	7,00	16,00		23,00
%Pago Accionario	-	30%	70%	100%
(MMU\$D)		38,00	16,00	54,00

Tabla: Erogación.

Fuente: Cuadro de elaboración propia.

Tasa de corte seleccionada 13% (TMAR=13%)

11.8. Indicadores económicos:

Por último utilizaremos dos indicadores económicos para determinar la rentabilidad del proyecto, VAN y TIR, las cuales explicaremos a continuación.

VAN:

La VAN, o Valor Actual Neto, es una herramienta financiera utilizada en la evaluación de proyectos de inversión. Representa la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados por un proyecto y la inversión inicial requerida para llevar a cabo ese proyecto. En términos más simples, la VAN ayuda a determinar si un proyecto es financieramente viable al calcular el valor actual de los beneficios netos que se espera que genere en el tiempo.

El valor de VAN obtenido es de **-34.9MMU\$D**.

TIR

La TIR, o Tasa Interna de Retorno, es otra métrica utilizada en la evaluación de proyectos de inversión. La TIR representa la tasa de descuento a la cual el valor actual neto (VAN) de los flujos de efectivo de un proyecto es igual a cero. En otras palabras, es la tasa de rendimiento que hace que la inversión inicial sea exactamente igual a los flujos de efectivo futuros descontados.

El valor de TIR obtenida es del **-20,00 %**.



Análisis de Sensibilidad:

Evaluando el resultado obtenido y analizando los posibles factores que podrían modificarse para que dicho proyecto resulte viable, se concluye que un aumento del precio de venta del formaldehído en un 50% (2300 U\$D Tn) nos daría como resultado una VAN del 3.5MMU\$D.

11.10 CONCLUSIÓN

En vista de los resultados obtenidos, se realizan los siguientes comentarios:

El VAN obtenido fue -34,9 MMU\$D. Este resultado menor a cero, nos indica que el proyecto no tendrá beneficios económicos futuros, por lo tanto deberá ser rechazado.

Queda demostrado y justificado la no rentabilidad de la implementación de una planta de producción de Formaldehído a partir de Metanol. Se recomienda no invertir en el mismo.



12. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Elvers B, Hawkins S y otros; *"Encyclopedia of Industrial Chemistry"*; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989. Vol. 11; Quinta edición;
- ✓ INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina; *"Agregados macroeconómicos"* Argentina. 2021. Vol. 4
- ✓ Peters, Max S.; Timmerhaus, Klaus D. (1991) *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"* The McGraw-Hill Companies.
- ✓ Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *"Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances"*. (Fecha de publicación desconocida). Vol 1
- ✓ PEÑALVER PAOLINI, MAZÓN CUADRADO, ROSADO MARÍA y otros. (2016). *"¿Se puede controlar el formaldehído?"*. Revista de la Asociación española de especialistas en Medicina en el Trabajo. Vol. 25
- ✓ Cámara de la Industria Química y Petroquímica (2014) *"La industria petroquímica argentina"*. Una visión de su perfil en el año 2025"
- ✓ ONUORAH, P. C., LAWSON, O. T., UJILE A. (Marzo 2019) *"DESIGN OF A 60,000 TPA FORMALDEHYDE PRODUCTION PLANT VIA THE VAPOUR-PHASE DEHYDROGENATION OF METHANOL USING SILVER CATALYST"*
- ✓ HURTADO, M. (..) *"ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PARTIDO DE LA PLATA"* Aportes al Ordenamiento Territorial. Disponible en <http://www.crespogaston.com.ar/cronica/pdf/a>
- ✓ IPA. (s.f.). *Anuario IPA (2019)*



- ✓ FUCKS, E., D'AMICO, G., PISANO, M., & NUCCETTELI, G. "*Evolución geomorfológica de la región del gran La Plata y su relación con eventos catastróficos*" (2018) Disponible en http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorial_documentos/spcyt/bfa008141.pdf
- ✓ LABARONNIE, NADER, TORRES, VISSANI (2011) Blog "*Energía eléctrica*" Disponible en <https://www.blogger.com/profile/18113040999177166588>
- ✓ EL RIOGRANDESE (Junio 2018) "*Tierra del Fuego es una de las provincias con menor acceso al agua potable y cloacas del país*" Disponible en <https://www.elriograndense.com.ar/2018/06/02/tierra-del-fuego-es-una-de-las-provincias-con-menor-acceso-al-agua-potable-y-cloacas-del-pais/>
- ✓ ECYT-AR (Octubre 2017) "*Gasoductos de Argentina*" Disponible en https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Gasoductos_de_Argentina
- ✓ QIAN, M., LIAUW, M.A., EMIG, G. (2003). "*Formaldehyde synthesis from methanol over silver catalysts*" *ScienceDirect*, 238(2), 211-222. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(02\)00340-X](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(02)00340-X)
- ✓ MALIK, M. I., ABATZOGLOU, N., & ACHOURI, I. E. (2021). "*Methanol to Formaldehyde: An Overview of Surface Studies and Performance of an Iron Molybdate Catalyst.*" *Catalysts*, 11(8), 893. MDPI. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3390/catal11080893>
- ✓ DESHMUKH, S.A.R.K., VAN SINT ANNALAND, M., & KUIPERS, J.A.M. (2005). "*Kinetics of the partial oxidation of methanol over a Fe-Mo catalyst*" *ScienceDirect*, 289(2), 240-255. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2005.05.005>
- ✓ SHAKELL, K., JAVAID, M., MUAZZAM, Y., NAQVI, S. R., TAQVI, S. A. A., UDDIN, F., MEHRAN, M. T., et al. (2020). "*Performance Comparison of Industrially Produced Formaldehyde Using Two Different Catalysts. Processes*", Vol 8(5), 571. MDPI AG. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3390/pr8050571>



- ✓ Environmental Protection Agency (EPA) “*Formaldehyde Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide*”. Octubre de 1985. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf>
- ✓ Environmental Protection Agency (EPA). “*List of IRIS Substances, Formaldehyde*” . Enero de 1989. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0419.htm>
- ✓ Agency for Toxic Substances and Disease Registry. “*Public Health Statement for Formaldehyde*”. (Julio de 1999) Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs111.html>
- ✓ DATA BRIDGE. MARKET RESEARCH. “*Global Formaldehyde Market- Industry Trends and Forecast 2028*” Marzo de 2021. Disponible en: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-formaldehyde-market>
- ✓ Mordor Intelligence. (2021) “*Mercado de formaldehído: crecimiento, tendencias, impacto de COVID 19 y pronósticos (2023-28)*” Disponible en <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/formaldehyde-market>
- ✓ STATISTA y otros. “*Formaldehyde demand by region worldwide*” (2021) Disponible en <https://www.statista.com/statistics/1323629/distribution-of-formaldehyde-demand-worldwide-by-region/>
- ✓ DATA COMMONS (2023) “*Argentinian economic Activity*” . Disponible en https://datacommons.org/place/country/ARG?utm_medium=explore&mprop=amount&popt=EconomicActivity&cpv=activitySource%2CGrossDomesticProduction&hl=es
- ✓ BANCO MUNDIAL (2020) *Indicadores*. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=AR&start=2000>
- ✓ Banco central de la República Argentina (2019). “*Evolución de la moneda*”. Disponible en https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Evolucion_moneda.asp



- ✓ REDACCIÓN, Diario Rio Negro (Febrero 2019) *"Record de producción de metanol"*

Disponible en

<https://www.rionegro.com.ar/record-de-produccion-de-metanol-en-el-complejo-industrial-plaza-huincul/>

- ✓ Ministerio de Transporte. Administración general de transporte. (2020) *"El puerto"*

Disponible en

<https://www.argentina.gob.ar/transporte/administracion-general-puertos-se/el-puerto>

- ✓ WEATHER SPARK (2022) *"Datos meteorológicos de la ciudad de La Plata"*

"Clima promedio en La Plata durante todo el año" Disponibles en

<https://es.weatherspark.com/h/y/29088/2022/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gi>

[cos-de-2022-en-La-Plata-Argentina#Figures-Temperature](https://es.weatherspark.com/h/y/29088/2022/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2022-en-La-Plata-Argentina#Figures-Temperature)

- ✓ PLP. Puerto de La Plata (2023) *"Ubicación estratégica"* Disponible en

<https://puertolaplata.com/pagina/ubicacion-estrategica>

- ✓ FUNDACIÓN NUESTRO MAR (2006) *"Puerto de Campana"* Disponible en

<https://www.nuestromar.org/datos-y-servicios-2/puertos-de-argentina-y-uruguay/puertos-fluviales/puerto-de-campana/>

- ✓ Johnson Matthey: Home. (Mayo 30, 2023) Disponible en <https://matthey.com/>

- ✓ TEJERA RAMOS, OLINKA TIOMNO, SEIJO SANTOS, VALDÉS CÁRDENAS

(2018) *"Producción Nacional para la obtención de recubrimientos anticorrosivos"*

Disponible en

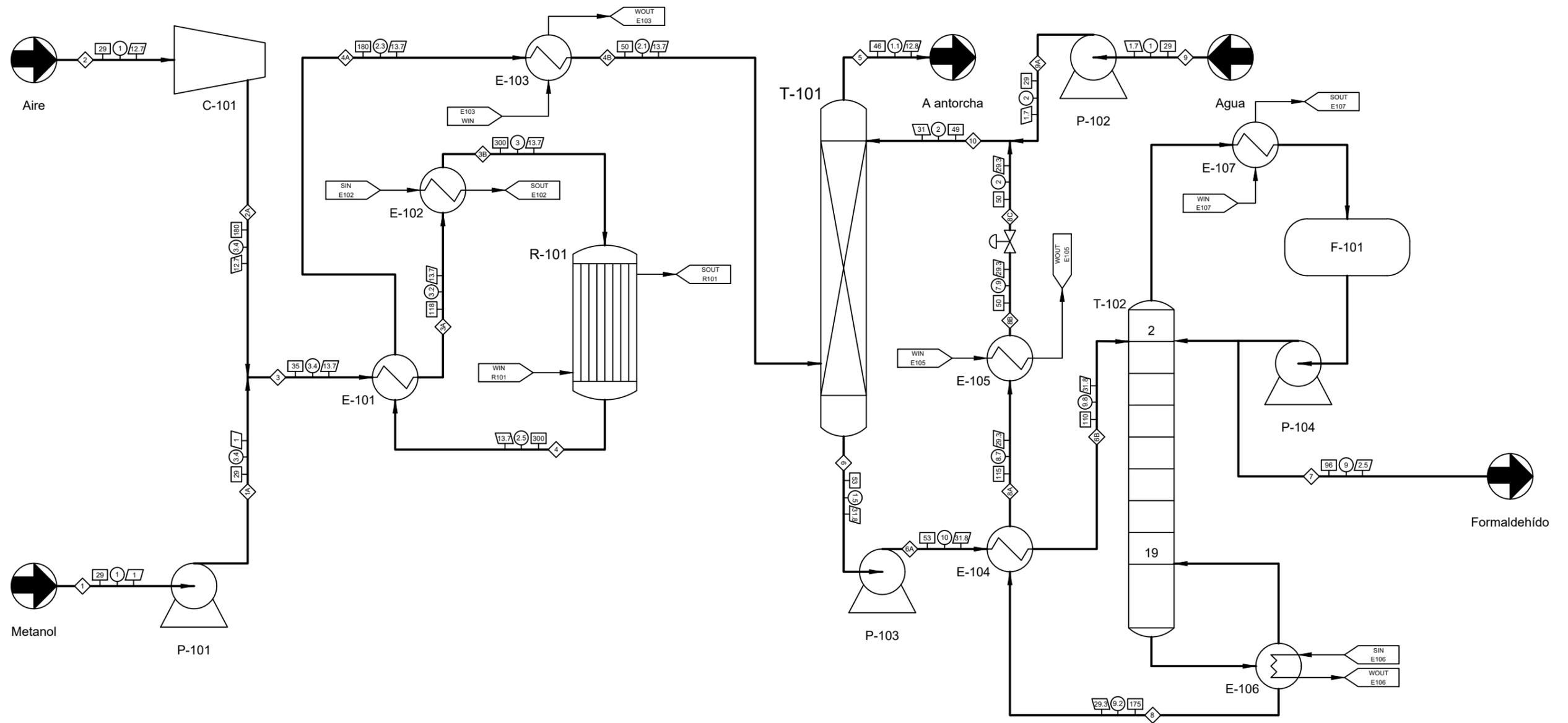
https://www.researchgate.net/publication/327605533_RESINAS_FURANICAS_DE_PRODUCION_NACIONAL_PARA_LA_OBTENCION_DE_RECUBRIMIENTOS_ANTI-CORROSIVOS



- ✓ Química YPF (Marzo 2019) "Ficha de datos de seguridad del Metanol" Disponible en <https://quimica.ypf.com/assets/fichas/FDS-Metanol.pdf>
- ✓ YPF (Agosto 2010) "Una introducción al mundo YPF" Disponible en <https://es.slideshare.net/humbertoypf/introduccion-al-mundo-ypf>
- ✓ Producción de Formaldehído a partir de metanol. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/236544872/Produccion-de-Formaldehido-a-Partir-de-Metanol-Ultima-Version>
- ✓ S.FOGLER – Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas – 4ta Edición.
- ✓ Obtención De Formaldehido A Partir De Metanol (2019) . Disponible en: <https://idoc.pub/documents/idocpub-on2g393m0040>
- ✓ TRONCO RIVAS, MIGUEL (2010) – Diseño de una planta de producción de formaldehído–Universidad de Cádiz
- ✓ McCabe, W.L., Smith, J.C. y Harriott, P (2007). Operaciones unitarias en ingeniería química. –7ª Ed. McGraw-Hill Interamericana
- ✓ Eduardo Cao (2010) "Heat Transfer in Process Engineering"–The McGraw-Hill Companies.
- ✓ Kern, Donald. (1999). Procesos de transferencia de calor–13ª Ed. The McGraw-Hill Companies.
- ✓ Warren L. McCabe, Julian C. Smith and Peter Harriot. (1993).– Unit Operations in Chemical Engineering. McGraw-Hill, Fifth Edition
- ✓ Tubular Exchanger Manufacturers Association (2007) Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, Novena edición



- ✓ Maurice Stewart (2018) *Surface Production Operations: Pumps and Compressors*, Vol. 4
- ✓ Max S. Peters Klaus y D. Timmerhaus, McGraw-Hill Book Company (1991). *Plant design and economics for chemical engineers*, Cuarta edición.
- ✓ Instituto Petroquímico Argentino (2022) *Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina*.
- ✓ J.M. Smith, McGraw-Hill Book Company (1991), *Chemical Engineering Kinetics*, Sexta edición



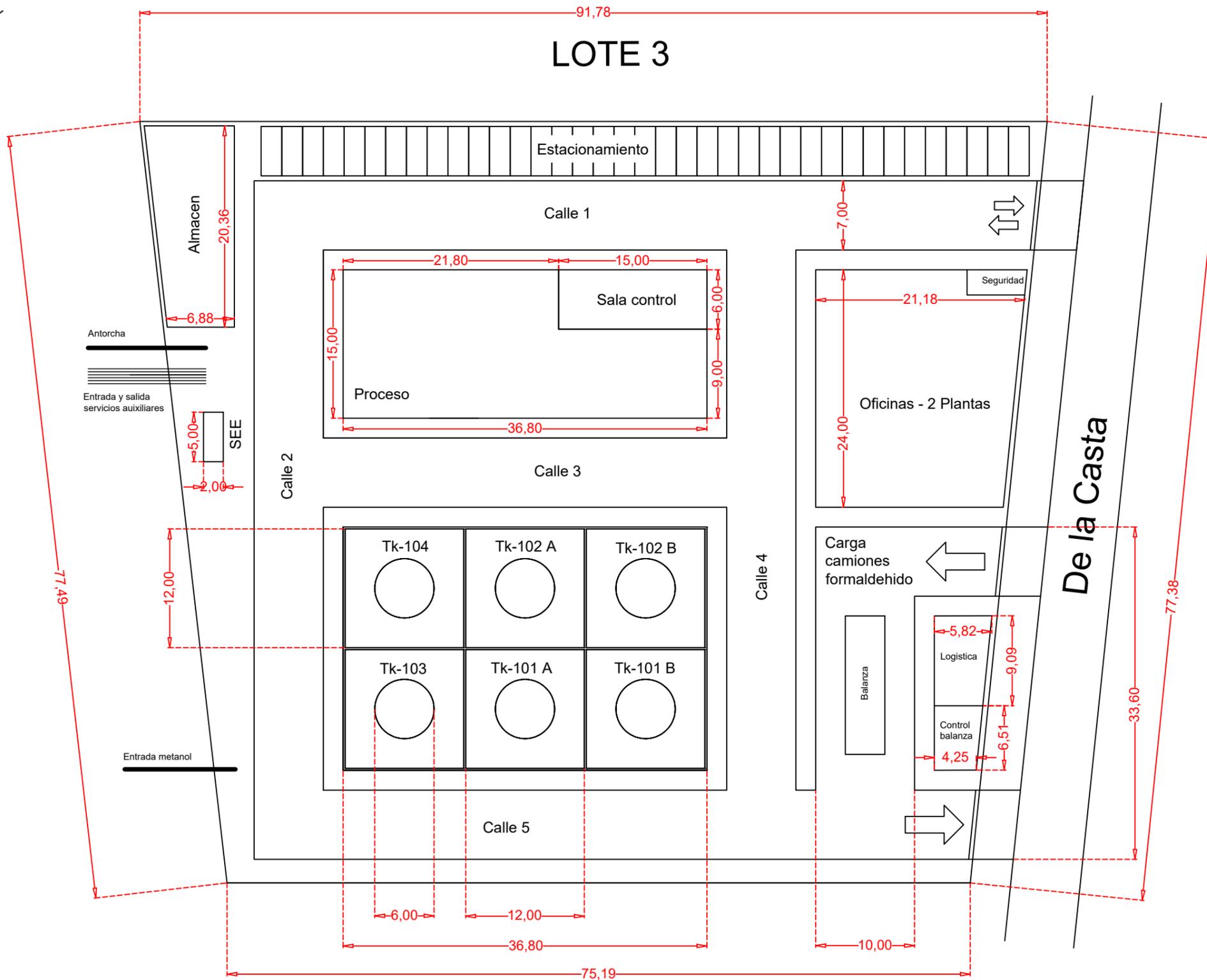
-  Caudal [TN/h]
-  Presión [kg/cm²]
-  Temperatura [°C]
-  Nombre Corriente

<h1>UTN FRLP</h1>	PFD planta de producción de formaldehído	
	Ing. Química	Proyecto Final
PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda		Dibujo 1
ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella		24/09/23



CAMPO

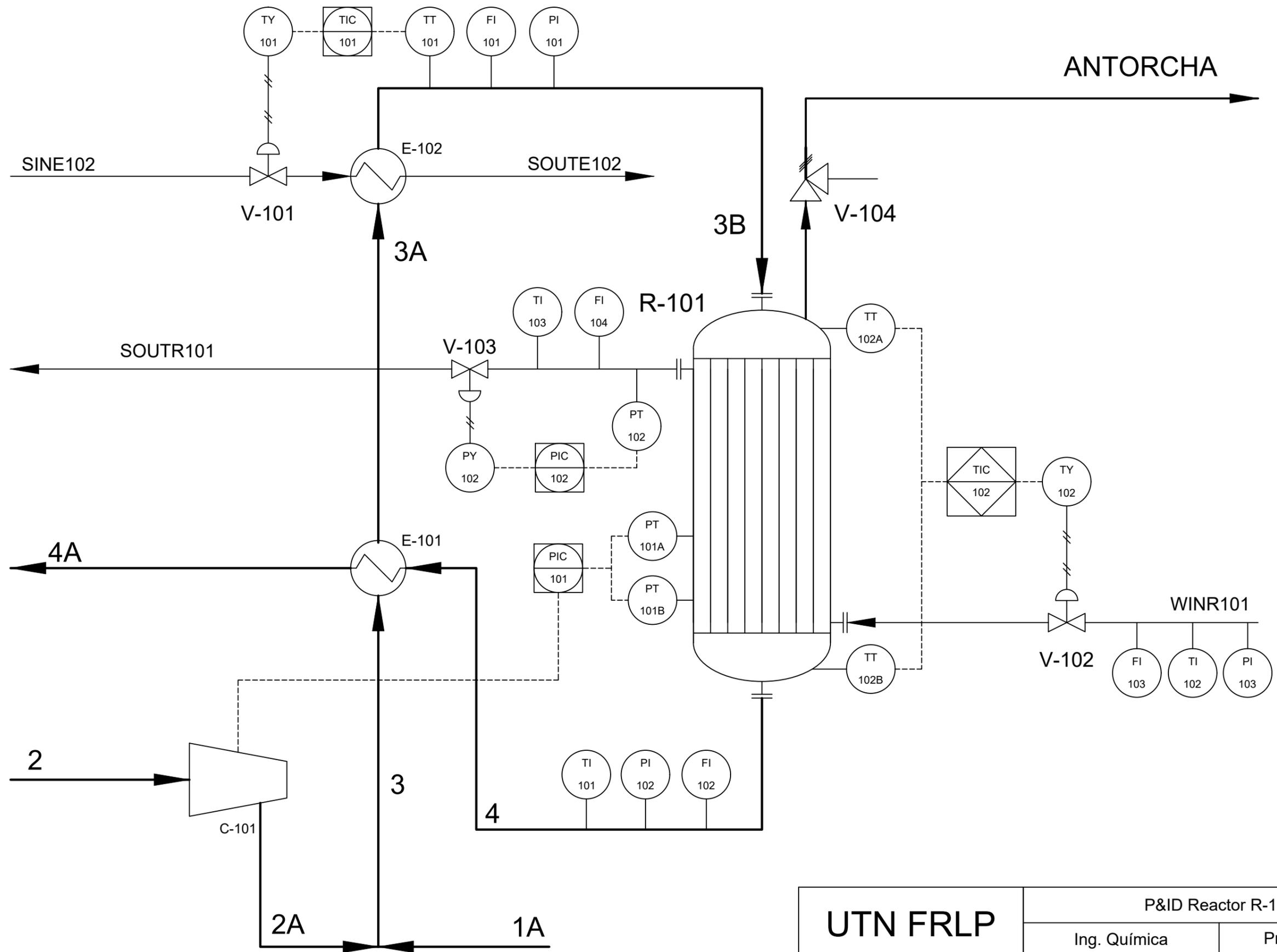
CAMPO



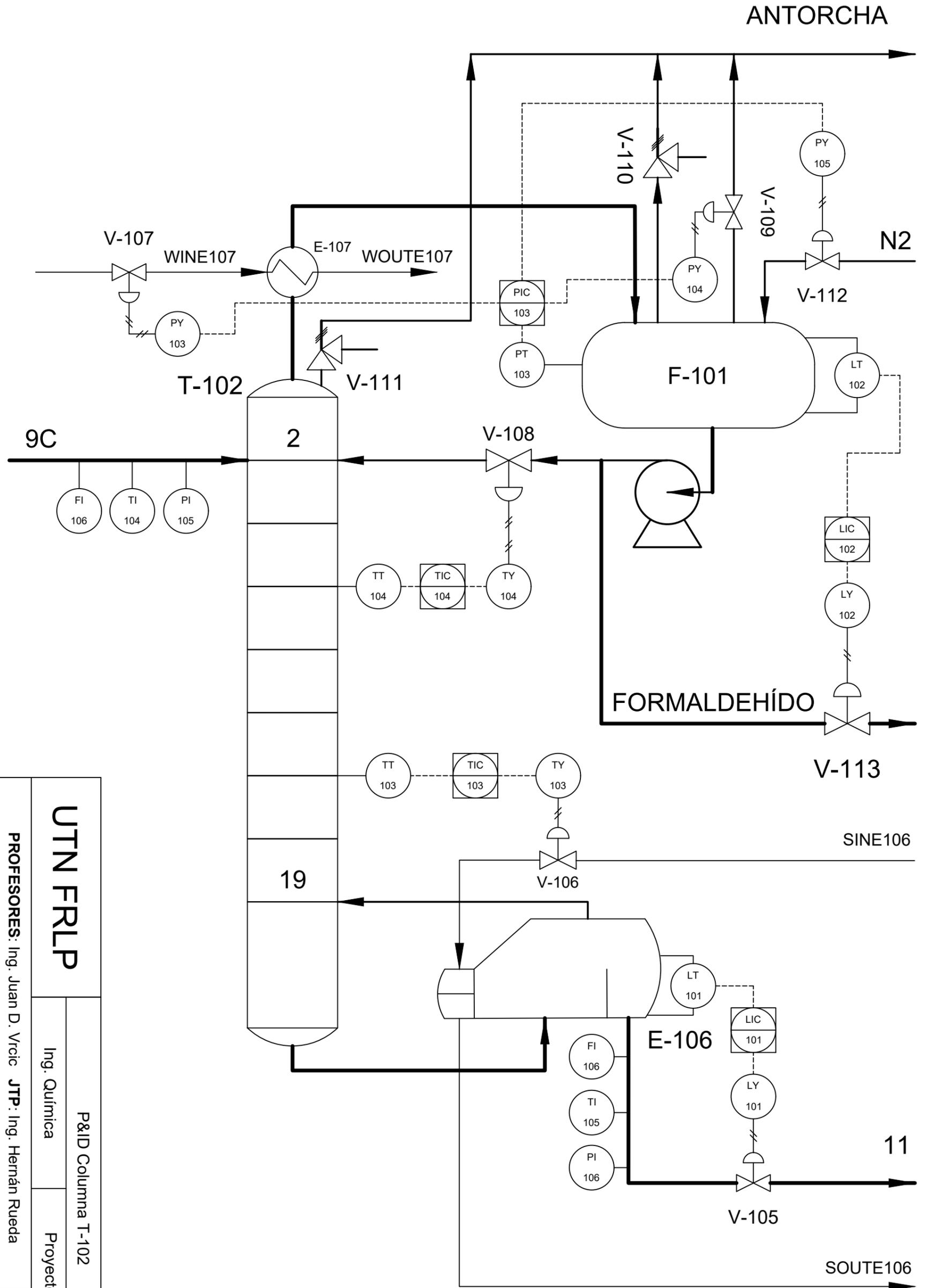
LOTE 1

LOTE 3

UTN FRLP	LAYOUT Planta Formaldehído	
	Ing. Química	Proyecto Final
PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda		Dibujo 2
ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella		23/10/23



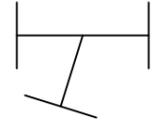
UTN FRLP	P&ID Reactor R-101	
	Ing. Química	Proyecto Final
PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda		Dibujo 3
ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella		25/10/23



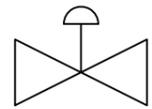
UTN FRLP	P&ID Columna T-102	
	Ing. Química	Proyecto Final
PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda	Dibujo 4	
ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella	25/10/23	



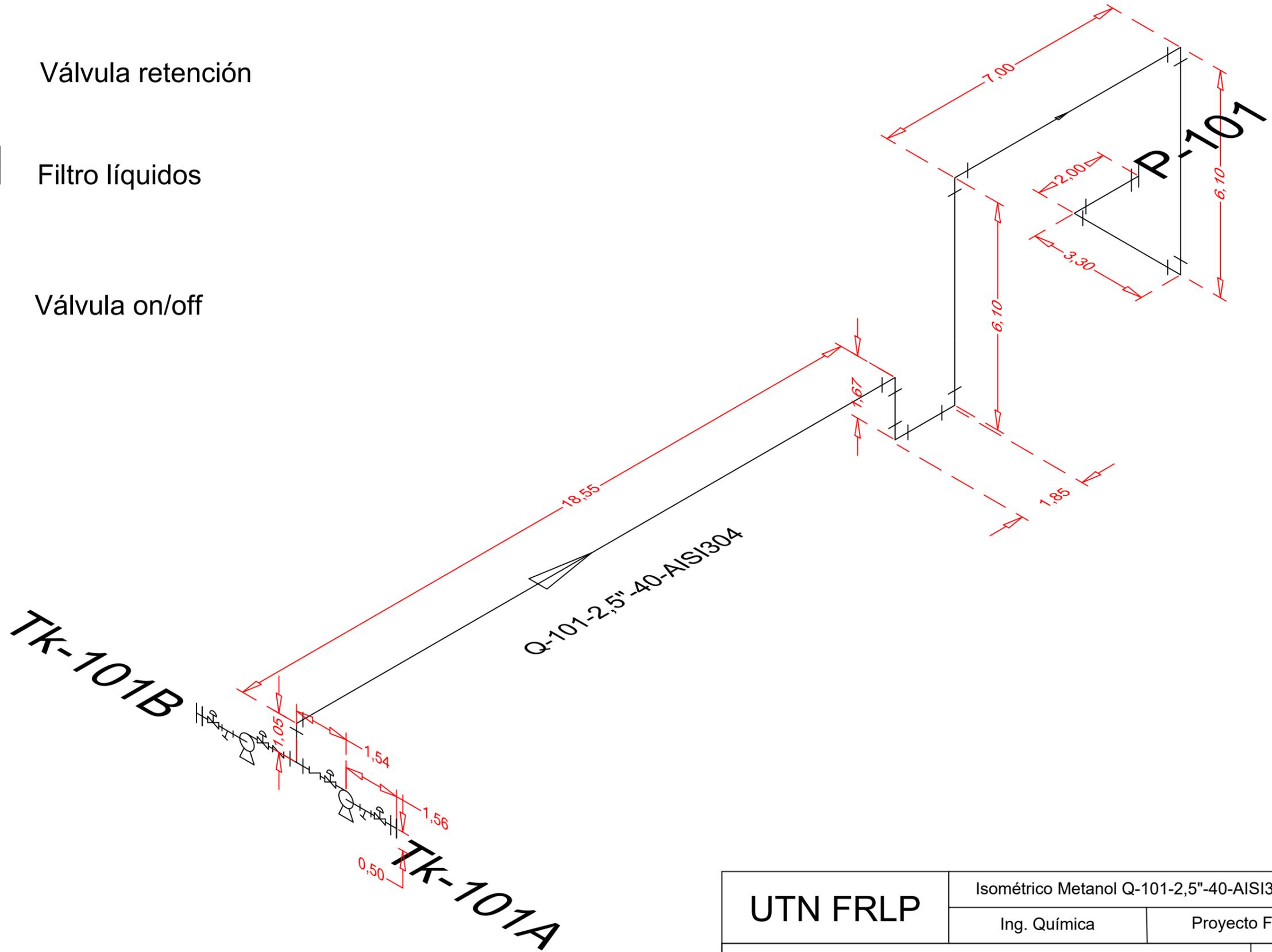
Válvula retención



Filtro líquidos



Válvula on/off



UTN FRLP

Isométrico Metanol Q-101-2,5"-40-AISI304

Ing. Química

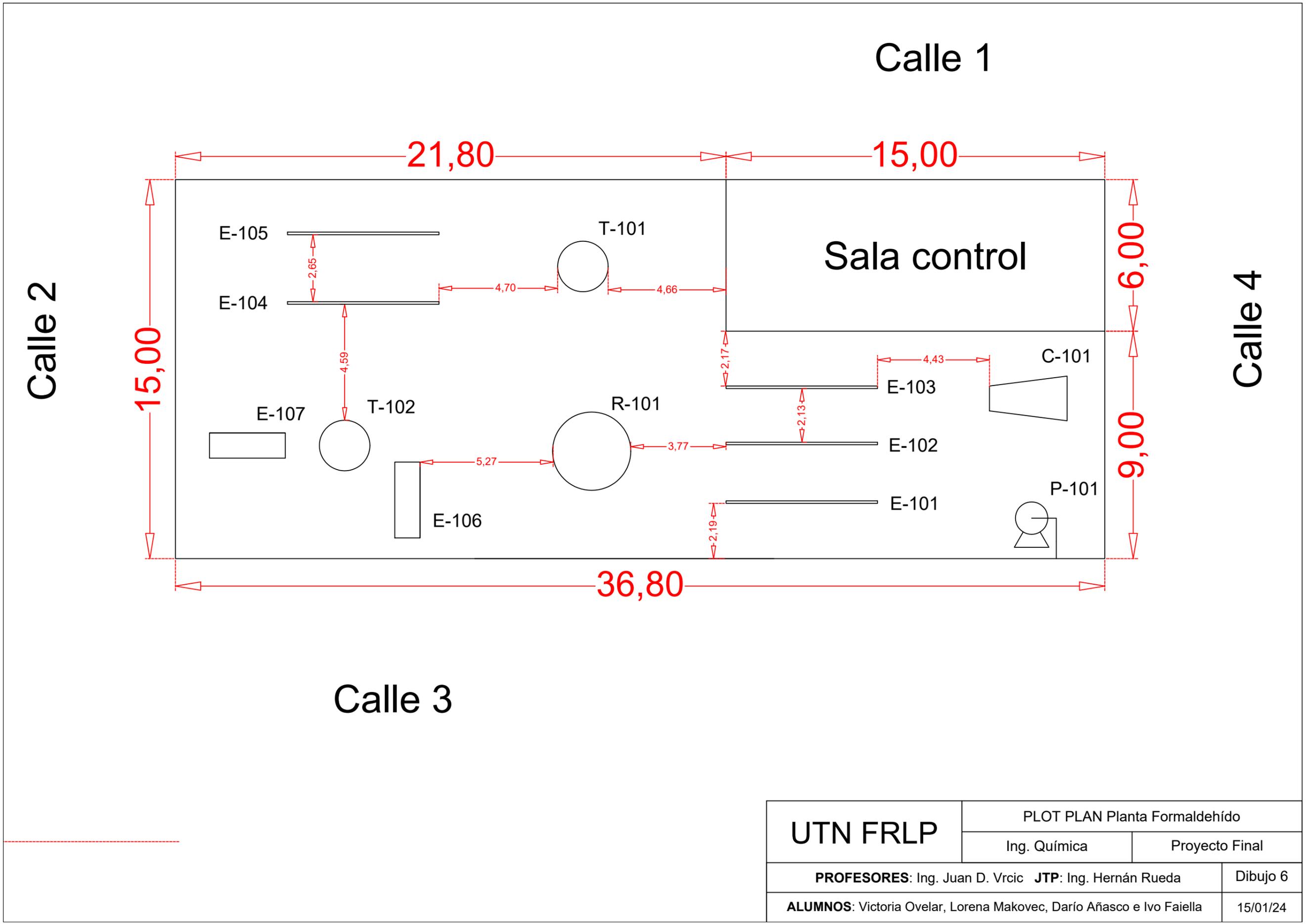
Proyecto Final

PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda

Dibujo 5

ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella

25/10/23



UTN FRLP	PLOT PLAN Planta Formaldehído	
	Ing. Química	Proyecto Final
PROFESORES: Ing. Juan D. Vrcic JTP: Ing. Hernán Rueda		Dibujo 6
ALUMNOS: Victoria Ovelar, Lorena Makovec, Darío Añasco e Ivo Faiella		15/01/24

Nombre de corriente	Fase	Temperatura °C	Presión kg/cm2	Entalpía M*kcal/h	Flujo Molar kmol/h	Flujo Másico kg/h	Composición Másica Porcentual				
							Agua	Metanol	O2	N2	Formaldehído
1	Liquid	29,00	1,0	0,02	32,53	1018,56	2,998	97,002	-	-	-
1A	Liquid	29,15	3,4	0,02	32,53	1018,56	2,998	97,002	-	-	-
2	Vapor	29,00	1,0	0,02	440,43	12706,54	-	-	23,292	76,708	-
2A	Vapor	185,48	3,4	0,51	440,43	12706,54	-	-	23,292	76,708	-
3	Vapor	44,69	3,4	0,53	472,96	13725,10	0,222	7,199	21,563	71,016	-
3A	Vapor	167,87	3,2	1,27	472,96	13725,10	0,222	7,199	21,563	71,016	-
3B	Vapor	300,00	3,0	1,97	472,96	13725,10	0,222	7,199	21,563	71,016	-
4	Vapor	300,00	2,5	2,21	488,38	13725,10	4,270	-	17,969	71,016	6,746
4A	Vapor	180,00	2,3	1,46	488,38	13725,10	4,270	-	17,969	71,016	6,746
4B	Vapor	55,00	2,1	0,79	488,38	13725,10	4,270	-	17,969	71,016	6,746
5	Vapor	47,41	1,3	0,65	461,84	12850,35	5,505	-	19,064	75,430	0,000
6	Liquid	52,67	1,8	1,66	1747,53	31879,04	96,875	-	0,051	0,169	2,904
6A	Liquid	52,95	10,0	1,66	1745,10	31808,87	97,089	-	-	-	2,911
6B	Liquid	110,00	9,5	3,46	1745,10	31808,87	97,089	-	-	-	2,911
7	Liquid	96,15	9,0	0,20	118,21	2500,00	62,965	-	-	-	37,035
8	Liquid	175,55	9,2	5,20	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
8A	Liquid	115,94	8,7	3,41	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
8B	Liquid	50,00	7,9	1,47	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
8C	Liquid	50,00	2,0	1,47	1626,89	29308,87	100	-	-	-	3,30E-06
9	Liquid	29,00	1,0	0,05	94,11	1695,43	100	-	-	-	-
9A	Liquid	29,03	2,0	0,05	94,11	1695,43	100	-	-	-	-
10	Liquid	48,85	2,0	1,52	1721,00	31004,30	100	-	-	-	3,12E-06

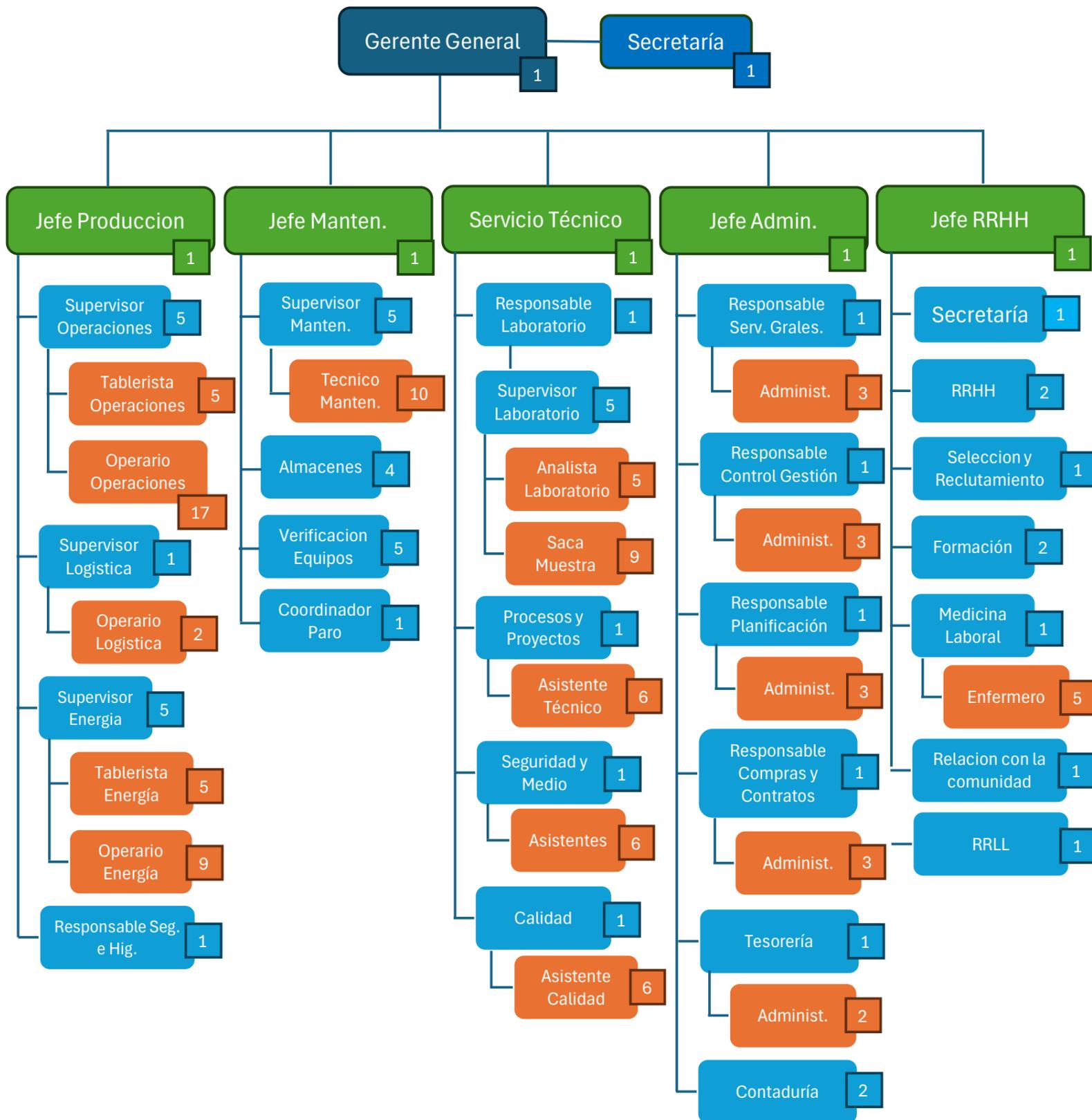
ORGANIGRAMA



Profesores: Ing. Vrcic, Juan Domingo JTP: Ing. Rueda, Hernan
 Estudiantes: Añasco Darío, Faiella Ivo, Makovec Lorena y Ovelar Victoria

Fecha: 11/12/23

Integración V



	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Concepto	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
Ventas		0,00	0,00	21,00	24,70	28,66	29,52	30,38	31,30	32,24	33,21	34,20	35,30
Producto				21,00	24,70	28,66	29,52	30,38	31,30	32,24	33,21	34,20	35,30
Otros				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compras		-7,80	-7,80	-5,75	-6,64	-8,38	-8,46	-8,55	-8,63	-8,72	-8,81	-8,89	-8,98
MP1				-5,75	-6,64	-8,38	-8,46	-8,55	-8,63	-8,72	-8,81	-8,89	-8,98
MP2													
Cuota de Bancos		-7,80	-7,80		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Margen Bruto		-7,80	-7,80	15,25	18,06	20,28	21,06	21,83	22,67	23,52	24,40	25,31	26,32
OPEX				-14,88	-14,95	-15,05	-15,03	-15,00	-14,97	-14,94	-14,91	-14,88	-14,85
Fijos				-1,68	-1,67	-1,70	-1,65	-1,60	-1,55	-1,49	-1,44	-1,38	-1,32
Personal				2,65	2,70	2,76	2,81	2,87	2,93	2,98	3,04	3,10	3,17
Over Head				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mtto				-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27
Contratos				-0,29	-0,33	-0,42	-0,42	-0,43	-0,43	-0,44	-0,44	-0,44	-0,44
Seguros				-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
Royalties				-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99
Variables				-13,20	-13,29	-13,35	-13,38	-13,40	-13,42	-13,45	-13,48	-13,50	-13,53
Quimicos				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Catalizador				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vapor				-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00
Agua				-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10
Electricidad				-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70	-1,70
Logisticos				-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94	-4,94
Comerciales				-0,31	-0,36	-0,41	-0,42	-0,44	-0,45	-0,47	-0,49	-0,51	-0,53
Impuestos				-0,15	-0,18	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,24	-0,24	-0,25	-0,26
EBITDA		-7,80	-7,80	0,37	3,11	5,23	6,03	6,83	7,70	8,58	9,49	10,43	11,47
Amortizaciones				-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80	-7,80
EBIT		-7,80	-7,80	-7,42	-4,69	-2,57	-1,76	-0,96	-0,10	0,78	1,69	2,63	3,67
IG				2,60	1,64	0,90	0,62	0,34	0,03	-0,27	-0,59	-0,92	-1,29
EBT		-7,80	-7,80	2,97	4,75	6,13	6,65	7,17	7,73	8,30	8,90	9,51	10,18
Intereses Bancarios		0,39	0,39	0,39									
Pago Accionistas		-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84	-5,84
NI	0,00	-13,25	-13,25	-2,48	-1,09	0,29	0,81	1,33	1,89	2,47	3,06	3,67	4,28
CAPEX	0,00	0,00	0,00	-3,90	-3,90	-3,90	-3,90	-3,90	-9,80	-3,90	-3,90	-3,90	-3,90
Erogaciones	-7,02	-54,57	-16,37										
Prestamos Bancarios	7,02	16,37	0,00										
Accionistas	0,00	38,20	16,37										
Paro				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Catalizador				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Continuidad				-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34
SMASS				-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
Integridad				-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78
VS (si se evalua)													0,00
Flujo de Fondo	0,00	-13,25	-13,25	-6,38	-4,99	-3,61	-3,09	-2,57	-7,90	-1,43	-0,84	5,61	6,29
Flujo Acumulado		-13,25	-26,49	-32,87	-37,86	-41,47	-44,56	-47,13	-55,03	-56,46	-57,30	-51,69	-45,41