



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Delta

*Integración V*

*Proyecto de Producción de Cloruro de Potasio*

*Año 2020*

**Integrantes:**

Caballero Ayelén

Di Giuseppe María Serena

**Profesores:**

Ing. Juan Carlos Musso

Ing. Gustavo Bauer

Ing. Mariano Tamburini

## Índice: Proyecto de Producción de Cloruro de Potasio

<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 ¿Por qué elegimos este proyecto? .....	2
1.2 Características del Cloruro de Potasio .....	2
1.2.1 Propiedades físico-químicas .....	2
1.2.3 Solubilidad .....	4
1.3 Métodos de obtención de cloruro de potasio .....	5
1.4 Tipos de Cloruro de Potasio (KCl) .....	5
1.5 Identificación de peligro .....	8
1.5.1 Primeros Auxilios .....	8
1.5.4 Medidas en caso de vertido accidental .....	9
1.5.6 Manipulación y almacenamiento .....	10
1.5.7 Control de la exposición/ Protección del personal .....	10
1.5.8 Estabilidad y reactividad .....	11
1.5.9 Información toxicológica .....	11
1.6 Información ecológica:.....	11
1.6.1 Consideraciones relativas a la eliminación .....	11
1.7 Presentación del producto final .....	12
1.8 Análisis FODA.....	13
<b>2. Estudio de Mercado .....</b>	<b>19</b>
2. 1 Introducción .....	20
2.1.1 Nutrición Potásica .....	21
2.2 Mercado Cloruro de Potasio.....	22
2.2.1 Demanda de potasio.....	22
2.3 Impulsores a largo y corto plazo .....	24
2.3.1 Impulsores de demanda a corto plazo .....	24
2.3.2 Impulsores de demanda a largo plazo .....	25
2.4 Intensidad de uso y ciclo de desarrollo del potasio .....	26
2.4.1 Sustitución y elasticidad de la demanda de potasio .....	27
2.5 Demanda histórica del potasio .....	27
2.6 Proyección de la demanda de potasio .....	31
2.7 Balance de mercado y precio del potasio.....	32

2.7.1 Descripción de la estructura y mecanismos de precio del potasio .....	32
2.7.2 Principales impulsores de los precios de la potasa .....	32
2.7.3 Balance mercado y precio histórico del potasio .....	33
2.8 Evolución de consumo de Fertilizantes en Argentina .....	34
2.9 Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del potasio .....	38
2.9.1 Balance Económico .....	40
<b>3. Selección de tecnología e Ingeniería Básica .....</b>	<b>42</b>
3.1 Descripción del proceso: .....	43
3.2 Selección de equipos y balance de masa por etapas: .....	44
3.2.1 Filtración y centrifugación:.....	44
3.2.2 Evaporación: .....	47
3.2.3 Centrifugación secundaria: .....	50
3.2.4 Cristalización .....	51
3.2.5 Secador: .....	53
3.2.6 Envasado .....	53
3.2.7 Tanques y piletas de almacenamiento:.....	54
<b>4. Ingeniería de detalle: Dimensionamiento de Equipos.....</b>	<b>55</b>
4.1 Diseño del cristalizador CR-301 .....	56
4.2 Ecuaciones y diseño .....	56
4.3 Modos de operación y control del rendimiento .....	57
4.4 Balances de masa .....	58
4. 4.1 Balances de masa y modos de operación .....	59
4.4.2 Balance de energía .....	60
4. 4.3 Planteo: Memorias de cálculo .....	61
4.4.4 Balances de masa y energía: .....	62
4.4.5 Caso con reciclo .....	66
4.4.6 Conclusión .....	67
4.5 Estudio cinético .....	68
4.5.1 Dimensionamiento .....	70
4.5.2 Diseño mecánico .....	71
4.6 Plano – Diseño estructural Cristalizador .....	76

4.7. Diseño del Secador Rotatorio SE-302 .....	77
4.7.1. Selección y funcionamiento .....	77
4.7.2 Partes de un secador rotatorio .....	78
4.8 Selección de secador .....	81
4. 8.1 Cálculos preliminares de diseño .....	82
4. 8. 2 Balance de energía Secador .....	82
4.8.3 Dimensionamiento del secador .....	85
4.9 Memoria de cálculo Secador .....	91
4.9.1 Plano- Diseño estructural Secador.....	93
<b>5. Diseño Isométrico .....</b>	<b>94</b>
5.1 Diseño de Cañerías .....	95
5.2 Espesor de la cañería .....	96
5.3 Isométrico .....	100
5.4 Pérdida de carga .....	101
5.5 Potencia de la Bomba .....	106
5.6. Altura desarrollada por la bomba: Presión de succión y descarga .....	108
5.7 Altura neta positiva de aspiración (ANPA): .....	108
5.8 Consideraciones sobre arreglos en general y de tuberías.....	109
<b>6. Instrumentación y control .....</b>	<b>111</b>
6.1 Diagrama de procesos, instrumentación y control.....	113
6.2 Características de los componentes de los lazos de control.....	114
<b>7. Lay Out de Planta y Procesos- Estructura organizacional .....</b>	<b>118</b>
7.1. Estructura organizacional .....	119
7.2. Organigrama de la empresa .....	122
7.3 Lay Out de Procesos y de Plantas: .....	123
7.3.1 Introducción: .....	123
7.3.2 Determinación de las Áreas de Planta .....	123
7.3.2.1 Unidades de Proceso .....	124
7.3.2.2 Flujo de Materiales en Planta .....	125

7.3.2.3 Distribución de los equipos (proceso).....	125
7.4 Layout del proceso: distribución de los equipos en el proceso.....	125
7.4.1 Bombas y motores .....	125
7.4.2 Compresores .....	126
7.4.3 Tanques de almacenamiento .....	126
7.4.4 Intercambiadores de calor .....	126
7.4.5 Rack de tuberías.....	126
7.4.6 Futuras Ampliaciones.....	127
7.5 Lay Out.....	128
<b>8. Estudio y Evaluación Económica .....</b>	<b>131</b>
8. Estudio Económico .....	132
8.1 Costos de los equipos .....	132
8.2 Inversión de capital.....	133
8.3 Costos de Producción .....	134
8.3.1 Costos fijos .....	135
8.3.2 Costos de Mantenimiento .....	135
8.3.3 Seguros e impuestos locales .....	136
8.3.4 Depreciaciones .....	136
8.3.5 Costes de producción y administración .....	136
8.3.6 Gastos de comercialización y ventas .....	136
8.3.7 Gastos administrativos en general .....	136
8.3.8 Costos variables: .....	137
8.4 Ingresos por ventas .....	137
8.5 Determinación del punto de equilibrio .....	137
8.6 Flujo Libre de Caja :FLC .....	140
8.7 Cálculo del VAN.....	145
8.8 Tasa TIR, tasa interna de retorno .....	146
8.9 Calculo de VAN y TIR.....	147

<b>9. Aspectos de Seguridad y Medio Ambiente .....</b>	<b>148</b>
9. Marco de referencia Seguridad e Higiene .....	149
9.1 Riesgos durante el periodo de obra .....	150
9.2 Marco de Referencia Medioambiental .....	157
9.3 Evaluación del medioambiente .....	159
9.3.1 Calidad aire en el establecimiento .....	166
9.3.2 Geología- Geomorfología .....	166
9.3.3 Geología Regional .....	167
9.3.4 Geología del Depósito .....	168
9.3.5 Mineralización .....	170
9.4 Medio Biológico .....	171
9.5 Medio ambiente socioeconómico y de infraestructura .....	171
9.6 Zonificación .....	172
9.6.1 Organismos de seguridad y control .....	174
9.6.2 Equipamiento Sanitario .....	174
9.7 Caracterización de residuos del proceso .....	174
9.8 Caracterización y tratamiento de los efluentes .....	175
9.9. Impactos del proyecto .....	176
9.10. Hojas de seguridad .....	178
<b>10. Localización de planta .....</b>	<b>199</b>
<b>10. Nivel de complejidad ambiental .....</b>	<b>200</b>
10.1. Micro y Macro Localización: .....	205
10.2 Factores Locacionales .....	208
10.3 Aspectos económicos .....	209
10.4 Localización de planta.....	209

<b>11. Puesta en Marcha Operativa .....</b>	<b>211</b>
11. 1 Introducción .....	212
11.2 Tareas previas a la puesta en marcha .....	213
11.2.1 Servicios generales de la planta.....	214
11.2.2 Equipos de Proceso .....	214
11.2.2.1 Pruebas hidráulicas y de presión.....	214
11.2.2.2 Puesta a punto de bombas y compresores.....	215
11.3 Puesta en marcha de la planta .....	216
11.3.1 Área de pretratamiento .....	217
11.3.2 Área de Producción .....	217
11.3.3 Área de almacenamiento y empaque .....	220
11.4 Parada de planta .....	220
<b>Bibliografía .....</b>	<b>221</b>

# Capítulo N° 1:

## Introducción

## **1.1 ¿Por qué elegimos este proyecto?**

La elección de nuestro proyecto surge de un estudio detallado de las características y propiedades con las que cuenta el cloruro de potasio. Los fertilizantes que contienen potasio se aplican a los suelos y los cultivos ya sea en el cloruro o el sulfato de la forma, dependiendo del cultivo en particular. El cloruro de potasio se usa más frecuentemente. Si entrara en explotación el proyecto podría abastecer el 75% del consumo de Argentina, Paraguay y Uruguay, mientras que las exportaciones a Brasil tendrían como objetivo reemplazar el 5 % de las importaciones.

El proyecto tiene buenas perspectivas ya que el mercado se encuentra en expansión y que una parte importante de dicha expansión se encuentra en la región de Sudamérica, especialmente en Brasil. Dicha expansión, junto con la oportunidad de proporcionar un mejor servicio a menores costos que los actuales proveedores lejanos (Canadá, Rusia, Alemania, Israel), constituye la oportunidad de mercado.

## **1.2 Características del Cloruro de Potasio**

### **1.2.1 Propiedades físico-químicas**

La mayoría del cloruro de potasio producido es utilizado en la fabricación de fertilizante, ya que el crecimiento de muchas plantas es limitado por el consumo de potasio. Como reactivo químico es utilizado en la manufactura de hidróxido de potasio y potasio metálico. Se utiliza en cantidades importantes como fundente, junto con el cloruro sódico, para la recuperación del aluminio a partir de la fusión en horno rotativo de los desperdicios y las escorias/espumas, de ese metal. También es utilizado en medicina, en aplicaciones científicas, procesamiento de alimentos y en ejecuciones judiciales a través de inyección letal.

El Potasio es fundamental en el proceso de la fotosíntesis, la deficiencia de K reduce la fotosíntesis e incrementa la respiración celular, resultando en una reducción de la acumulación de carbohidratos y por consecuencia un efecto adverso en el crecimiento y producción de la planta. El K es esencial para la síntesis de proteínas, es determinante en la descomposición de carbohidratos y por tanto en proveer energía para el crecimiento de la planta. Proporciona a la planta mayor resistencia al ataque de enfermedades y es determinante en la formación y carga de frutos y llenado de grano. También incrementa la resistencia de la planta a las heladas. Una planta bien nutrida con potasio tiene una mayor capacidad de soportar condiciones de estrés por falta de agua, esto ya que, es determinante en la capacidad de las estomas de abrir y cerrar cuando la planta está sometida a condiciones de sequía.

El cloruro de potasio también conocido como muriato de potasio (muriato es el nombre antiguo usado para designar sales que contienen cloruro), es un compuesto químico que contiene tanto potasio y cloro. Se considera una sal de haluros, lo que significa que contiene un átomo de halógeno y es de naturaleza cristalina como otras sales. En su estado puro, que es de color blanco y sin olor. Puede variar en color desde el blanco al rosa a rojo. Tiene una estructura cristalina como muchas otras sales. Su estructura es cubica centrada en las caras.

<b>Fórmula química</b>	KCl
<b>Peso molecular</b>	74,55 g/mol
<b>Peso específico</b>	1,988
<b>Densidad a 20 °C (materia prima)</b>	1050 kg/m <sup>3</sup>
<b>Punto de fusión(°C)</b>	773
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	1500
<b>Solubilidad a 20°C</b>	344 g/l
<b>Gusto</b>	Salino
<b>Olor</b>	Inodoro
<b>Color</b>	Blanco/Rojo
<b>Estado físico</b>	Sólido
<b>Temperatura de auto ignición</b>	Mayor a 200°C
<b>Presión de vapor</b>	17 mmHg
<b>pH</b>	9
<b>Conductividad térmica</b>	0,036 W
<b>Gama de transmisión</b>	210 nm a 20 m
<b>Transitividad</b>	92% a 450 nm y se eleva linealmente hasta 94% a 16 m
<b>Índice de refracción</b>	1,456 a las 10 m
<b>Pérdida de reflexión</b>	6,8% a 10 m
<b>Umbral de daños</b>	4 GW/cm <sup>2</sup> o 2 J/cm <sup>2</sup> ; 4,2 J/cm <sup>2</sup>

### 1.2.3 Solubilidad:

Un requisito previo esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en el agua de irrigación, y ésta depende de la temperatura (Tabla 6). El cloruro de potasio es la forma más soluble hasta 25° C. La solubilidad del KNO<sub>3</sub> aumenta sostenidamente con la temperatura, pero a la temperatura ambiente ó más baja, su solubilidad disminuye muy rápidamente y llega a ser perceptiblemente más baja que la del KCl. El K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es el menos soluble en todo el rango de temperaturas. La velocidad de disolución más alta es la del KCl (5 minutos a 10° C). El KCl se disuelve dos veces más rápido comparado con el KNO<sub>3</sub> y casi 8 veces más rápido comparados con el K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Tabla 6: Solubilidad de los fertilizantes potásicos a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	KCl		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>b)</sup>		KNO <sub>3</sub>	
	Solubilidad (g/100 agua)	t90 <sup>a)</sup> (minutos)	Solubilidad (g/1 00 g agua)	t90 (minutos)	Solubilidad (g/1 00 agua)	t90 (minutos)
10	31	5.0	9	38.7	21	12.5
20	34	3.9	11	23.2	31	7.3
30	37	-	13	-	46	-

s) t90 se define como el tiempo en minutos necesario para disolver 90% de fertilizante b) En este experimento se utilizó K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> grado normal (no grado fertirriego)  
Fuente: Elam et al., 1995.

Tomando en cuenta el contenido de potasio de cada fertilizante, el KCl da el mayor porcentaje de éste último en solución a cada temperatura (Tabla 7). Esto influye en el volumen del tanque de almacenamiento requerido: a 10° C, el volumen de tanque necesario para preparar una solución de KNO<sub>3</sub> o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> deber ser dos veces y tres veces más grande, respectivamente, que una preparada con KCl.

Tabla 7. Cantidad de KP en soluciones saturadas de fertilizantes potásicos

Temperatura (°C)	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
	kg Kplm <sup>3</sup>			
0	138	37	54	43
10	149	46	81	52
16	156	56	99	59
30	170	61	145	74

Fuente: Wolf et al., 1985

### **1.3 Métodos de obtención de cloruro de potasio a través de salmueras (silvinita):**

- Por disolución y evapo-cristalización, donde la diferencia de solubilidad permite la separación. Éste será el caso de nuestro proyecto
- Por líquidos densos, mediante la levigación por líquidos densos y la flotación.

### **1.4 Tipos de Cloruro de Potasio (KCl):**

- **Según su color:**

Existen dos tipos de cloruro de potasio: rojo y blanco. La diferencia entre el cloruro de potasio rojo y cloruro de potasio blanco es mínima. Los dos tipos son extraídos de los mismos depósitos de KCl. La única diferencia es en cómo cada uno de ellos es recuperado en el proceso de limpieza.

En la producción del KCl rojo, el mineral que lo contiene es molido, suspendido en agua y tratado con un agente de "flotación" que se adhiere a los cristales de KCl. Al pasar aire por la suspensión, los cristales de KCl flotan hasta la superficie de donde son removidos. Después de otros tratamientos, el casi puro KCl (95%) es secado y pasado por mallas de separación de partículas para obtener el tamaño comercial deseado. El color rojo del KCl es causado por el hierro (Fe) en los gránulos del KCl, el cual no es removido durante el proceso. El KCl de diferentes minas generalmente varía desde tonos rozados a rojo oscuro, dependiendo de la cantidad de (Fe) en el mineral original. La cantidad de (Fe), 0.05%, en el KCl rojo no lo hace menos deseable como fertilizante.

El cloruro de potasio blanco se produce a través de un complejo proceso donde la silvinita sufre un estricto proceso de filtrado y centrifugación para luego atravesar una compleja etapa de evapo-cristalización al bajar lentamente la temperatura y disminuir la presión de la salmuera. Con este método, el hierro es removido y el KCl obtenido es mucho más blanco. Algunas personas creen que el cloruro de potasio blanco contiene menos iones cloro que el KCl rojo, esto no es así. El contenido de ion cloro en el KCl blanco es prácticamente el mismo que en el KCl rojo. El KCl blanco es la mejor fuente para hacer soluciones fertilizantes transparentes, porque es incolora cuando se disuelve. Como material "standard" o granular, o como solución, las diferencias químicas entre el KCl rojo y el KCl blanco no son agrónomicamente significativas. La mayoría de los productores de KCl rojo también producen KCl blanco para satisfacer las necesidades de sus clientes.

• El MOP rojo proviene de minas y contiene hierro o partículas de arcilla, lo que da al producto su típico color rojizo..



• El MOP Blanco se origina a partir de salmueras naturales y no contiene trazas de hierro o partículas de arcilla.



El KCl se encuentra en muchos colores y tamaños de partícula.

- **Según su tamaño:**

**Granulado:** adecuado para la distribución exacta en el campo y para el mezclado con otros fertilizantes (urea, fosfato diamónico), con las ventajas de bajos costos de mezclado granel, flexibilidad en la relación de nutrientes y facilidad de aplicación.

**Estándar:** sus cristales relativamente grandes hacen que este grado sea adecuado para la aplicación directa manual o mecánica al suelo, incluso en condiciones de viento. Es frecuentemente usado por agricultores que preparan sus propias mezclas en el campo. Asimismo, es adecuado para la producción de fertilizantes NPK granulados.

**Fino:** su pequeño tamaño de partículas lo hace rápida y totalmente soluble. Es excelente para la producción industrial de soluciones fertilizantes líquidas cristalinas, sulfato potásico y fertilizantes NPK granulados.

**FERTI-K:** nuevo grado, especialmente diseñado para los agricultores avanzados que usan fertirrigación. Fue desarrollado en base a la vasta y renombrada experiencia israelí en modernas técnicas de fertirrigación. Es completamente blanco y totalmente soluble, y no obtura los goteros y filtros. Es ideal para su uso en sistemas de riego por goteo, aspersión y microaspersión. Puede ser agregado como sólido en el tanque de fertilización o disuelto y ser aplicado por medio de bombas fertilizantes. Es extensamente usado para la fertirrigación de muchos cultivos, incluyendo cítricos, algodón, maíz, manzano y otros frutales caducifolios, caña de azúcar, melones y demás hortalizas.

Granulado



Estándar



Fino



Ferti-K



### Derivados

- **Sulfato potásico:** se emplea como fertilizantes en aquellos casos en que el cloro está contraindicado, como el tabaco, la caña de azúcar o la vid.
- **Nitrato potásico o salitre:** se utiliza para la preparación de pólvora negra y en pirotecnia.
- **Hidróxido potásico o potasa caustica:** se emplea en jabonería y para la preparación de carbonato potásico, además para la depuración de gases industriales.
- **Carbonato potásico o potasa:** se utiliza en la fabricación de jabón y vidrio.
- **Potasio metálico:** se usa en células fotoeléctricas.
- **Clorato y perclorato potásico:** usado en fuegos artificiales, municiones y explosivos primarios, entre otros.

#### 1.5 Identificación de peligro:

Es un producto higroscópico. La sustancia ingresa al organismo a través de la vía inhalatoria, ingestiva y la piel. Puede afectar el sistema respiratorio. Síntomas se pueden presentar después de exposición.

- Inhalación: exposición en altas concentraciones de polvo en el aire, puede ocasionar irritación de las membranas mucosas
- Contacto con los ojos y piel: irritación severa, especialmente en heridas abiertas
- Ingestión: efectos gastrointestinales como dolor de estómago, náuseas, vómito, diarrea, pulso bajo y disturbios circulatorios, calambres, temblor en manos y pies

#### 1.5.1 Primeros Auxilios:

- Inhalación: remover al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si se le dificulta respirar, dar oxígeno.
- Contacto con los ojos: en caso de contacto inmediatamente lavar con abundante agua por lo menos 15 minutos, abriendo y cerrando los parpados ocasionalmente. Llamar a un médico si irritación persiste.

- Contacto con la piel: lavar piel con abundante agua y jabón mientras se remueve la ropa contaminada. Conseguir atención médica si irritación persiste o se desarrolla.
- Ingestión: inducir al vómito inmediatamente, asistido por personal médico. Nunca dar cosas a la boca de una persona inconsciente. Llamar a un médico

### **1.5.3 Medidas de lucha contra incendio:**

- Tipo de inflamabilidad: no inflamable
- Prevención: no exponga el material al calor excesivo. Cuando es sometido a temperaturas extremas, puede liberar pequeñas cantidades de gases de cloro.
- Medios de extinción de incendios: utilizar el agente extintor adecuado para los alrededores, el material mismo es inflamable y no soporta la combustión
- Protección en caso de incendio: protección de la piel observando una distancia de seguridad, y usando ropa protectora adecuada.
- Riesgos específicos: no combustible

### **1.5.4 Medidas en caso de vertido accidental:**

- Precauciones generales: ventilar el área de derrame o escape. Al producto derramado adicionar agua en neblina y transferirlo a un recipiente seguro. Use material absorbente para recoger el residuo y transportarlo a un sitio seguro en bolsas selladas. Para posterior disposición. Lavar la superficie con agua y jabón, utilice la protección respiratoria adecuada
- Métodos de Limpieza: prevenir descarga adicional de material, si es posible sin riesgo. Prevenir que los derrames ingresen en desagües, cursos de agua, piletas, etc. Recoger y colocar el material en recipientes adecuados para reciclado reutilización o desecho
- Precauciones para el medio ambiente: el potasio es altamente soluble y puede rápidamente diluirse a niveles tóxicos con grandes cantidades de agua en casos de que el producto entre en contacto con el agua, vaciar el contenedor y no utilizar para otros fines, mantenga a los niños y animales alejados

### **1.5.6 Manipulación y almacenamiento:**

- **Almacenamiento:** mantener en contenedores altamente sellados. Almacenar en un área fresca, seca y ventilada. Contenedores de este material puede ser peligroso cuando están vacíos, puesto que contienen residuos de productos (polvo, sólidos); observar toda precaución y advertencia listada para este producto. El producto no requiere de contenedores especiales. En climas secos, puede almacenarse a granel. En climas húmedos, dada su alta solubilidad en agua, debe protegerse de la humedad atmosférica y de la lluvia
- **Manipulación:** no coma, no beba, no fume mientras manipule este producto. Use ventilación. Evitar los movimientos innecesarios que generen polvo

### **1.5.7 Control de la exposición/ Protección del personal:**

- **Protección personal:**



- **Protección de las vías respiratorias:** ventilación y/o protección respiratoria. Los respiradores no protegen cuando hay deficiencia de oxígeno en la atmosfera y pueden generarse gases tóxicos
- **Protección de las manos y cuerpo:** guantes de látex desechables, bata de laboratorio
- **Protección para el pie:** utilizar ropa de trabajo adecuada que evite el contacto del producto
- **Protección para los ojos:** gafas químicas o gafas de seguridad. Mantener una ducha de emergencia visible y de fácil acceso al área de trabajo
- **Ingestión:** no comer, no beber y no fumar durante el trabajo
- **Medidas de higiene particulares:** sustituir la ropa contaminada y sumergir en agua. Lavar las manos al termino del trabajo

#### **1.5.8 Estabilidad y reactividad:**

- Estabilidad y reactividad: estable en condiciones normales de manipulación y almacenamiento.
- Productos de descomposición: óxido del metal contenido y halógenos.
- Incompatibilidades: trifloruro de bromo, permanganato de potasio + Ácido sulfurico
- Condiciones para evitar: altas temperaturas y contacto con materiales incompatibles

#### **1.5.9 Información toxicológica:**

- Toxicidad: la inhalación del polvo y el contacto con la piel o los ojos puede causar irritación. La ingestión puede causar efectos adversos sobre la salud
- Efectos locales: este material puede irritar piel y ojos

#### **1.6 Información ecológica:**

Cuando se disuelve en agua, se eleva el nivel de salinidad lo que puede ser dañino para especies animales y vegetales acuáticas que no toleren elevados niveles de sal.

Puede provocar efectos adversos sobre el medio acuático.

#### **1.6.1 Consideraciones relativas a la eliminación:**

Recupere y coloque el material en contenedores adecuados para su uso o desecho. Asegúrese que la disposición como desecho se encuentra en cumplimiento con los requerimientos gubernamentales y las regulaciones locales.

### 1.7 Presentación del producto final:

<b>ENSAYO</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
<b>Embalaje</b>	Especificación propia	Plástico tejido con bolso interno de polietileno
<b>Presentación</b>	Especificación propia	Bolsas de 25 y 50 kg (4% vacías)
<b>Rotulado</b>	Especificación propia	<ul style="list-style-type: none"><li>• La palabra fertilizante, seguida del nombre comercial y/o marca registrada.</li><li>• Grado de pureza.</li><li>• Nombre o razón social del fabricante.</li><li>• País de fabricación con sello</li><li>• Contenido neto del producto expresado en (kg).</li><li>• Número de lote de producción.</li><li>• Indicaciones de manipuleo, almacenamiento y uso.</li><li>• Datos requeridos por ley o reglamento (Ejemplo: Fecha de caducidad).</li><li>• Porcentaje de los componentes.</li></ul>

Anexo:

### **1.8 ANÁLISIS FODA**

El análisis DAFO, también conocido como análisis FODA, es una metodología de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada. Proviene de las siglas en inglés SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities y Threats).[cita requerida]

Es una herramienta para conocer la situación real en que se encuentra una organización, empresa o proyecto, y planificar una estrategia de futuro.

Durante la etapa de planificación estratégica y a partir del análisis DAFO se debe poder contestar cada una de las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se puede destacar cada fortaleza?
- ¿Cómo se puede disfrutar cada oportunidad?
- ¿Cómo se puede defender cada debilidad?
- ¿Cómo se puede detener cada amenaza?

Este recurso fue creado a principios de la década de los setenta y produjo una revolución en el campo de la estrategia empresarial. El objetivo del análisis DAFO es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica a emplear por la misma que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

El análisis consta de los siguientes pasos:

1. Análisis Externo
2. Análisis Interno
3. Confección de la matriz DAFO

#### 1) Análisis externo

La organización no existe ni puede existir fuera de un entorno, fuera de ese entorno que le rodea; así que el análisis externo permite fijar las oportunidades y amenazas que el contexto puede presentarle a una organización.

El proceso para determinar esas oportunidades o amenazas se puede realizar de la siguiente manera:

- b- Estableciendo los principales hechos o eventos del ambiente que tiene o podrían tener alguna relación con la organización. Estos pueden ser:

De carácter político:

- Estabilidad política del país.
- Sistema de gobierno.

- ☒ Relaciones internacionales.
- ☒ Restricciones a la importación y exportación.
- ☒ Interés de las instituciones públicas.

De carácter legal:

Tendencias fiscales

- ☒ Impuestos sobre ciertos artículos o servicios.
- ☒ Forma de pago de impuestos.
- ☒ Impuestos sobre utilidades.

Legislación

- ☒ Laboral.
- ☒ Mantenimiento del entorno.
- ☒ Descentralización de empresas en las zonas urbanas.

Económicas

- ☒ Deuda pública.
- ☒ Nivel de salarios.
- ☒ Nivel de precios.
- ☒ Inversión extranjera.

De carácter social:

- ☒ Crecimiento y distribución demográfica.
- ☒ Empleo y desempleo.
- ☒ Sistema de salubridad e higiene.

De carácter tecnológico:

- ☒ Rapidez de los avances tecnológicos.
- ☒ Cambios en los sistemas.

b- Determinando cuáles de esos factores podrían tener influencia sobre la organización en términos de facilitar o restringir el logro de objetivos. Es decir, hay circunstancias o hechos presentes en el ambiente que a veces representan una buena OPORTUNIDAD que la organización podría aprovechar, ya sea para desarrollarse aún más o para resolver un problema. También puede haber situaciones que más bien representen AMENAZAS para la organización y que puedan hacer más graves sus problemas.

### **OPORTUNIDADES**

Las oportunidades son aquellos factores, positivos, que se generan en el entorno y que, una vez identificados, pueden ser aprovechados.

Algunas de las preguntas que se pueden realizar y que contribuyen en el desarrollo son:

- ¿Qué circunstancias mejoran la situación de la empresa?
- ¿Qué tendencias del mercado pueden favorecerlos?
- ¿Existe una coyuntura en la economía del país?
- ¿Qué cambios de tecnología se están presentando en el mercado?
- ¿Qué cambios en la normatividad legal y/o política se están presentando?
- ¿Qué cambios en los patrones sociales y de estilos de vida se están presentando?

### **AMENAZAS**

Las amenazas son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atacar contra éste, por lo que llegado al caso, puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearlas.

Algunas de las preguntas que se pueden realizar y que contribuyen en el desarrollo son:

- ¿Qué obstáculos se enfrentan a la empresa?
- ¿Qué están haciendo los competidores?
- ¿Se tienen problemas de recursos de capital?
- ¿Puede alguna de las amenazas impedir totalmente la actividad de la empresa?

### 2) Análisis interno

Los elementos internos que se deben analizar durante el análisis DAFO corresponden a las fortalezas y debilidades que se tienen respecto a la disponibilidad de recursos de capital, personal, activos, calidad de producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros.

El análisis interno permite fijar las fortalezas y debilidades de la organización, realizando un estudio que permite conocer la cantidad y calidad de los recursos y procesos con que cuenta el ente.

Para realizar el análisis interno de una corporación deben aplicarse diferentes técnicas que permitan identificar dentro de la organización qué atributos le permiten generar una ventaja competitiva sobre el resto de sus competidores.

### **FORTALEZAS**

Las fortalezas son todos aquellos elementos internos y positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

Algunas de las preguntas que se pueden realizar y que contribuyen en el desarrollo son:

- ¿Qué consistencia tiene la empresa?
  - ¿Qué ventajas hay en la empresa?
  - ¿Qué hace la empresa mejor que cualquier otra?
  - ¿A qué recursos de bajo coste o de manera única se tiene acceso?
  - ¿Qué percibe la gente del mercado como una fortaleza?
  - ¿Qué elementos facilitan obtener una venta?
- Las debilidades se refieren a todos aquellos elementos, recursos, habilidades y actitudes que la empresa ya tiene y que constituyen barreras para lograr la buena marcha de la organización.

También se pueden clasificar: aspectos del servicio que se brinda, aspectos financieros, aspectos de mercado, aspectos organizacionales, aspectos de control.

**DEBILIDADES**

Las debilidades son problemas internos, que, una vez identificados y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse.

Algunas de las preguntas que se pueden realizar y que contribuyen en el desarrollo son:

¿Qué se puede evitar?

¿Que se debería mejorar?

¿Qué desventajas hay en la empresa?

¿Qué percibe la gente del mercado como una debilidad?

¿Qué factores reducen las ventas?

3) Matriz FODA

	Fortalezas	Debilidades
Análisis Interno	Capacidades distintas Ventajas naturales Recursos superiores	Recursos y capacidades escasas Resistencia al cambio Problemas de motivación del personal
	Oportunidades	Amenazas
Análisis Externo	Nuevas tecnologías Debilitamiento de competidores Posicionamiento estratégico	Altos riesgos - Cambios en el entorno

Un análisis FODA puede utilizarse para:

- ☑ Explorar nuevas soluciones a los problemas.
- ☑ Identificar las barreras que limitarán objetivos.
- ☑ Decidir sobre la dirección más eficaz.
- ☑ Revelar las posibilidades y limitaciones para cambiar algo.

### **1.8.1 ANALISIS FODA DE NUESTRO PROCESO:**

#### Análisis externo

##### **Oportunidades**

- Con las políticas actuales se ve favorecida la industria nacional se puede sustituir un producto importado y a su vez exportar grandes volúmenes del mismo a países como Brasil. Sin mencionar que al ser el único productor del país y tratándose de un commodity orientado a la producción de alimentos las expectativas del proyecto son altas.
- Hoy en día la tecnología disponible para nuestra planta es mucho más amigable con el medioambiente sin mencionar que ayudaría a optimizar nuestro proceso en el aspecto productivo.
- Posible ayuda por parte del gobierno argentino para obtener créditos, existencia de convenios con YPF, creación de nuevas redes ferroviarias y rutas. Reactivación económica de ciudades y pueblos aledaños (creación de puestos de trabajo)
- Posible extracción de por lo menos unos 50 años (el mineral se encuentra en una capa considerablemente homogénea y nivelada desde el punto de vista geológico)

##### **Amenazas**

- Requiere de grandes inversiones y hay que tener cuidado con el uso de recursos tan importantes como el agua. Además de que se debe estudiar muy meticulosamente como se van a tratar los desechos (geográficamente nos encontramos en una situación crítica)
- La reputación de este proyecto es mala en el aspecto político-económico (en su momento un proyecto similar estuvo a punto de ponerse en marcha pero fracasó) con lo cual hay que trabajar duro para recuperar la credibilidad.
- Considerar uso de combustibles líquidos en épocas invernales como reemplazo del gas natural, presentándose peligros en los costos de combustibles (dependemos de gas importado aunque existen posibilidades de explotar yacimientos argentinos )
- Posible destrucción de zonas ricas en restos fósiles con valor arqueológico

## Análisis interno

### **Fortalezas:**

- La calidad del producto final (KCl) es muy alta en términos de pureza
- Posibilidad de capacitación de personal única en el país
- Nuestros clientes elijen nuestro producto por ser amigable con gran tipo de cultivos, en especial con la soja.
- Somos el único productor del país
- La actividad tanto de logística como laboral se extiende a lo largo de varias provincias.
- Una vez puesta en marcha, los volúmenes de producción con muy grandes
- Posibilidad de ampliar las exploraciones y explotaciones de diversos yacimientos
- Posible venta de subproducto a empresa de la zona

### **Debilidades:**

- Altos costos de materiales de producción
- Dificil organización (ya que se trata de un proyecto muy amplio, con gran cantidad de gente, sobre todo en la etapa de construcción)
- Dificil control de calidad de materia prima (ya que, al ser un mineral, es heterogéneo y varía continuamente de acuerdo al pozo del cual se está extrayendo.)
- Obstáculos típicos de una organización que recién se está poniendo en marcha, por ejemplo la obtención de certificaciones, aplicación de sistemas de gestión de calidad , sistemas de simulación de riesgos y accidentes)

*A corto y mediano plazo se espera satisfacer el mercado local, de a poco ir conquistando otros mercados como el Mercosur, focalizándonos en Brasil, nuestro principal país importador de KCl. A largo plazo se espera una gran expansión gracias a la oportunidad de proporcionar un mejor servicio a menores costos que los actuales proveedores lejanos (Canadá, Rusia, Alemania, Israel), constituye la oportunidad de mercado.*

*Es importante tener en cuenta que nuestro producto pertenece al grupo de los commodities del sector agropecuario, siendo estos utilizados para cumplir con las grandes demandas de alimentos que la población mundial exige constantemente, y mientras dicha población permanezca en constante crecimiento, el cloruro de potasio siempre tendrá una demanda para satisfacer.*

*Capítulo N° 2:*

*Estudio de Mercado*

## **2. 1 Introducción:**

El KCl es principalmente utilizado como una fuente de K para la nutrición vegetal. Sin embargo, hay regiones donde las plantas responden favorablemente a la aplicación de Cl<sup>-</sup>. El KCl es generalmente el material preferido para satisfacer estas necesidades. No hay un impacto significativo en el agua o aire asociado con dosis normales de aplicación de KCl

El KCl es el fertilizante potásico más extensamente utilizado debido a su bajo costo relativo y a que incluye más cantidad de K que otras fuentes, 50-52% K (60-63% K<sub>2</sub>O) y 45-47% Cl. Más del 90% de la producción mundial de potasa es utilizada en la nutrición de plantas. El KCl es usualmente esparcido sobre la superficie del suelo previo a las labores para la siembra.

También puede ser aplicado en bandas cerca de la semilla. Ya que al disolverse el fertilizante se incrementará la concentración de sales solubles, el KCl en bandas se coloca al costado de la semilla para evitar daños durante la germinación de las plantas. Se disuelve rápidamente en la humedad del suelo. El K<sup>+</sup> será retenido en los sitios de intercambio con carga negativa de las arcillas y la materia orgánica del suelo. Por su parte, el Cl<sup>-</sup> se moverá rápidamente con el agua del suelo. Un grado especial de pureza de KCl puede ser disuelto para fertilizantes líquidos o aplicaciones a través de sistemas de riego.

El proyecto propone el uso del método de minería por disolución para traer el mineral a la superficie desde las capas de cloruro de potasio ubicadas a un kilómetro por debajo de la superficie. Este proceso de extracción consiste en bombear agua caliente hacia el nivel del mineral, donde se disuelve el cloruro de potasio y la mezcla de sal que forma las capas. La extracción de la solución no constituye realmente una explotación minera, al menos, no en la forma tradicional. No se extraen los minerales en minas a cielo abierto o minas subterráneas, sino mediante pozos verticales. Se bombea la solución a la superficie donde el cloruro de potasio se cristaliza y se purifica en un producto terminado listo para comenzar su largo viaje al mercado a través de camiones, trenes y barcos.

*No hay actualmente producción nacional de fertilizantes potásicos pero existe un importante depósito de potasa al sur de la provincia de Mendoza y al norte de la provincia de Neuquén, cubriendo un área de 4 000 km<sup>2</sup>. Es el depósito más grande de América Latina y uno de los más grandes del mundo. Las reservas se estiman en 2 000 millones de toneladas. El norte de este sector contiene los minerales de mejor calidad. La explotación del mineral se realizaría por disolución y bombeo de la salmuera.*

Como base de nuestro proyecto, recibiremos silvinita proveniente del yacimiento, donde se realizará excavación de dos pozos paralelos hasta llegar al nivel donde se encuentra el manto salino, por uno de los conductos se inyectará a presión agua calentada hasta los 70° C y por el otro se extraerá la salmuera que contendrá una mezcla de ambas sales (cloruro de potasio + cloruro de sodio). Ya en superficie, recepcionaremos dicha materia prima y las dos sales serán separadas por diferencia de densidad, el cloruro de sodio se acumulará en un repositorio mientras que la sal potásica seguirá un serie de operaciones hasta obtener la calidad deseada.

### **2.1.1 Nutrición Potásica**

Es necesario mantener niveles adecuados de potasio porque este nutriente forma parte de las arcillas del suelo, por lo que la recomposición de la fertilidad perdida es más compleja que en el caso del potasio.

Desde tiempos inmemoriales se utiliza la salmuera o Cloruro de Sodio y de Potasio que, entre otros usos, se utilizaba como complemento nutricional en producción ganadera.

Nuestro país cuenta, en general, con un adecuado nivel de potasio en sus suelos debido a que el tipo de arcillas que lo componen contienen potasio en abundancia. En la medida en que el potasio de la solución del suelo se exporta por la agricultura vía la cosecha de los granos, es repuesto por el que contienen las arcillas.

El uso de fertilizante potásicos estuvo hasta hace pocos años restringido a las producciones intensivas como la frutícola, hortícola y tabaco, asociado a la importancia que tiene este nutriente a la calidad tanto de los frutos como del fumo de las hojas. Por ello era un producto que se destinaba principalmente a las denominadas Economías Regionales.

Recientemente han comenzado a incorporarse algunas dosis de potasio en la zona núcleo, en especial en áreas con muchos años de agricultura.

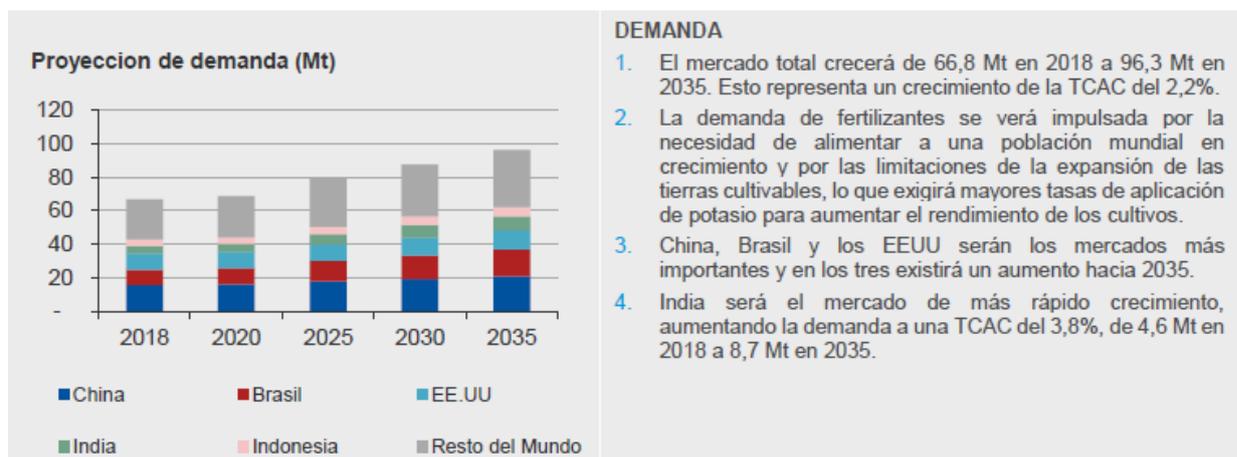
Las formas de incorporación del Potasio al suelo se dan a partir de diferentes fertilizantes como ser el Cloruro de Potasio (no aplicable en tabaco), el Sulfato de Potasio, el Nitrato de Potasio y el Sulfato de Potasio y Magnesio. **De estos fertilizantes el principal y que cubre el 80% del consumo es el Cloruro de Potasio.**

*En el mundo, en general, el uso de potasio es mucho mayor pues los suelos carecen de este nutriente o han sido explotados en forma agrícola, sin la incorporación de fertilizantes, durante mucho tiempo.*

## 2.2 Mercado Cloruro de Potasio

### 2.2.1 Demanda de potasio

#### Determinantes de la demanda de potasio y usos finales



Potasa es el nombre común que se da a un grupo de minerales que contienen potasio (K). El tipo más común de potasa es el cloruro de potasio (KCl). El cloruro de potasio (KCl) se conoce comúnmente como Muriato de Potasio (MOP) y se utiliza en dos aplicaciones principales:

1. Como fertilizante (~93% de la demanda total de cloruro de potasio):
  - Aplicación directa en campos o como mezcla a granel con otros productos fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
  - Como materia prima para otros fertilizantes que incluyen:
    - Sulfato de potasio (SOP) - a través del "Proceso Mannheim", ya que el KCl reacciona con ácido sulfúrico.
    - Nitrato de potasio (NOP) - cuando el KCl reacciona con el ácido nítrico
    - Fertilizantes NPK (Nitrógeno, Fosfato, Potasio, por sus símbolos químicos) de compuestos complejos
2. En algunas aplicaciones industriales (~7% de la demanda total de cloruro de potasio):
  - Fabricación de hidróxido de potasio (potasa cáustica), que es la base de una serie de productos químicos K

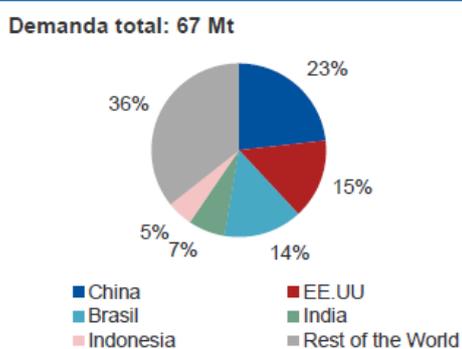
La cantidad de potasio que se debe aplicar a la tierra cultivada puede variar considerablemente, dependiendo del cultivo que se plante. Aunque los productos agrícolas contienen cantidades diferentes de potasio por unidad de peso, es más importante el rendimiento, es decir, el peso del producto que se extrae por unidad de superficie.

No es de extrañar que la caña de azúcar, que normalmente se cultiva a 60-80 t/ha, se deba suministrar con mucho más potasio que el trigo, que se cultiva a 2-3 t/ha de forma

general. Es evidente que el cultivo intensivo requiere una mayor aplicación de fertilizantes, lo que a su vez aumenta los rendimientos, eliminando así más potasio del suelo y requiriendo una aplicación aún mayor de fertilizantes.

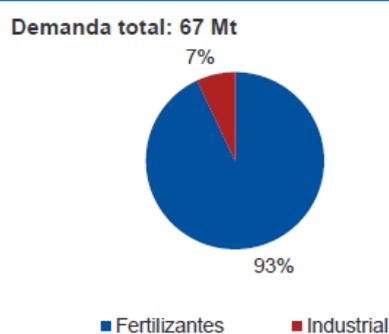
En 2017, la demanda total de cloruro de potasio alcanzó 67 Mt. China, EEUU, Brasil, India e Indonesia representaron el 64% de las necesidades totales. China es por lejos, el mayor consumidor de potasio. En el mismo año, la demanda china de potasio alcanzó las 15,5 Mt, seguida por Estados Unidos y Brasil, que consumieron 9,9 Mt y 9,7 Mt, respectivamente.

**Figura 1 Consumo de cloruro de potasio por país, 2017**



Fuente: CRU

**Figura 2 Consumo de cloruro de potasio por uso final, 2017**



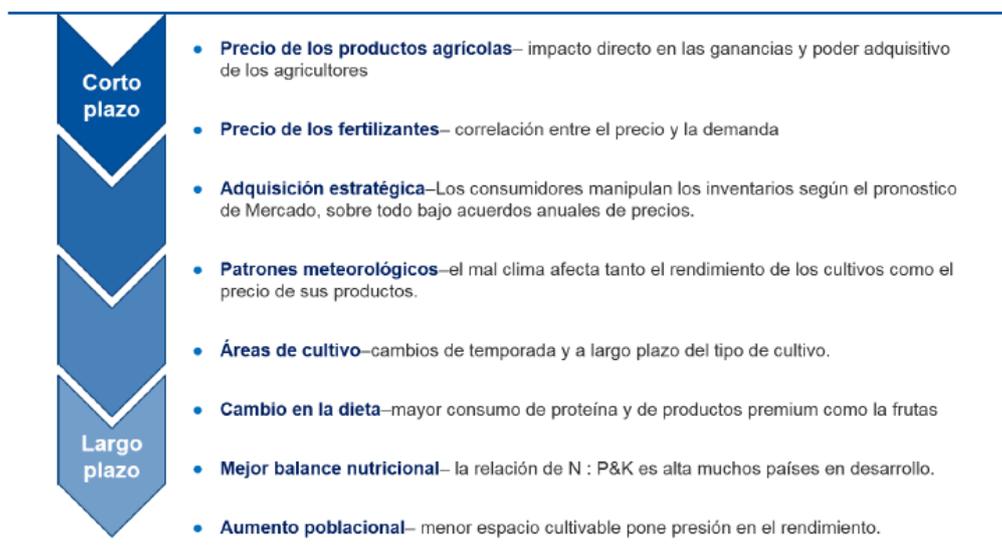
Fuente: CRU

Latinoamérica importó en 2018 unos U\$S 3.736 millones de productos potásicos, equivalentes a 12,3 millones de toneladas, de los cuales Brasil adquirió cerca del 87%, que se suman a una producción propia de 300 mil toneladas KCl. De esta manera, el consumo brasilero se ubica en torno a los 10,7 millones de toneladas, seguido por EEUU y sólo por debajo de China. Estos tres países en conjunto explican el 57 % del consumo global.

**Existe una serie de impulsores fundamentales de la demanda que determinan las tasas de crecimiento del uso de la potasa, así como los tipos de potasa que se aplican en todo el mundo. Estos factores se pueden dividir en dos grupos generales, impulsores a corto plazo e impulsores a largo plazo, los que se muestran en la siguiente lista.**

## 2.3 Impulsores a largo y corto plazo:

Figura 3 Impulsores de demanda de potasa a corto y largo plazo



Fuente: CRU

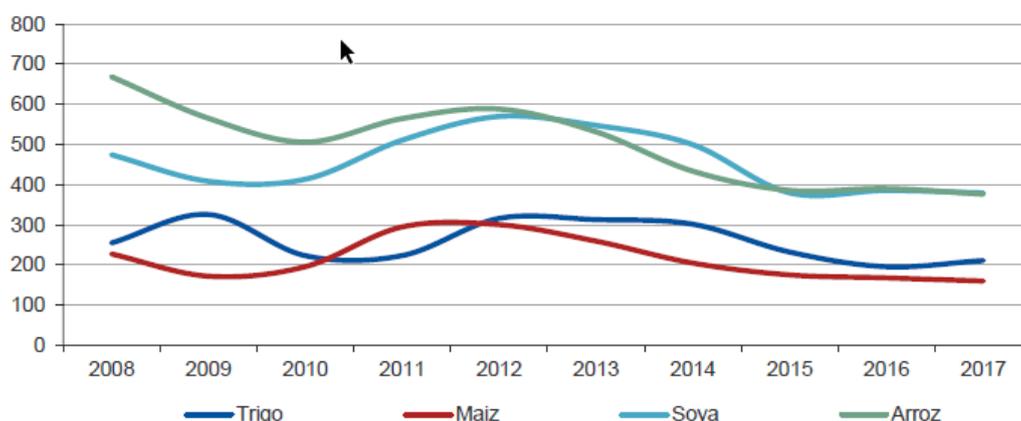
### 2.3.1 Impulsores de demanda a corto plazo:

• Los precios de la potasa, y específicamente la relación entre los precios de la potasa y los precios de los cultivos, son factores clave que influyen en el precio del potasio a corto plazo. Esto determina la asequibilidad de los agricultores y, por lo tanto, la capacidad de compra de potasa.

• Políticas gubernamentales (por ejemplo, subsidios en la India).

• La estacionalidad de la aplicación de la potasa varía de un país a otro, por lo que influye en las fluctuaciones mensuales de la demanda y los flujos comerciales de potasa.

**Figura 4 Impulsores de demanda de potasa a corto plazo (US\$/t de cultivo)**



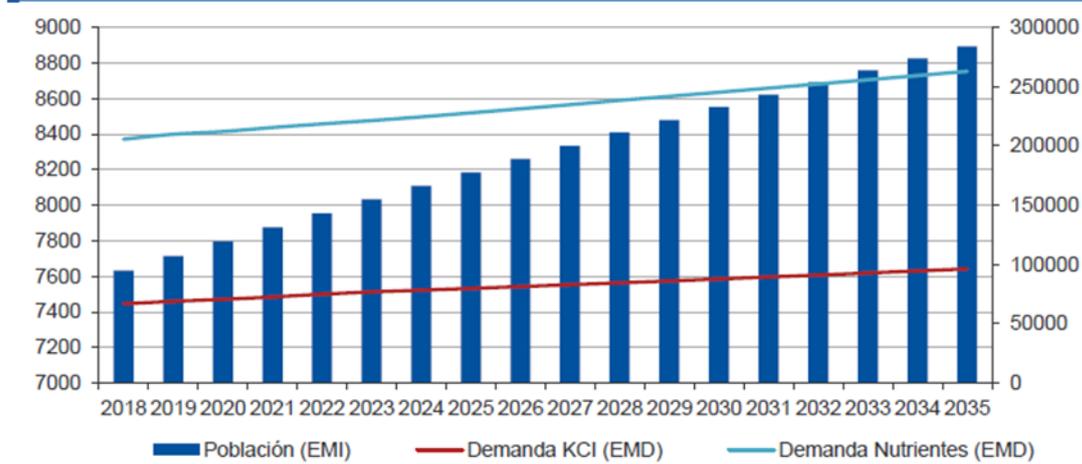
### **2.3.2 Impulsores de demanda a largo plazo:**

- El crecimiento de la población es un factor clave de la demanda de potasio. A medida que la población mundial crece, también lo hará la necesidad de alimentos, lo que a su vez aumenta la demanda de fertilizantes como la potasa.
- Tipos de productos agrícolas: aunque en general se recomienda el uso de potasa en todos los cultivos como uno de los tres principales nutrientes para asegurar una fertilización equilibrada, existen algunos cultivos que requieren más potasa que otros, como el arroz o las verduras. Otros tipos de materias primas agrícolas, como el trigo, requieren menos potasa en comparación con la aplicación de nitrógeno.
- Cambios en las preferencias / necesidades nutritivas: a medida que aumentan los ingresos, la gente tiende a gastar dinero en alimentos más caros y de mejor sabor, dejando de consumir alimentos básicos, como los cereales, y aumentando el consumo de carne, aceites comestibles y productos lácteos. El cambio hacia un mayor consumo de carne requiere mayores niveles de producción agrícola y de uso de recursos, por lo que la producción total de cereales per cápita aumenta a medida que aumenta el ingreso.
- Disponibilidad de tierras cultivables: a medida que la demanda mundial de cultivos aumenta y las mejoras en el rendimiento comienzan a disminuir, la industria agrícola deberá ampliar la superficie total de tierra cultivable en uso. La agricultura deberá competir por estas tierras con otros usos alternativos, como los bosques, las zonas urbanas y las infraestructuras.

**Figura 5 Impulsores de demanda de potasa a largo plazo**

**EMI: población (millones de personas)**

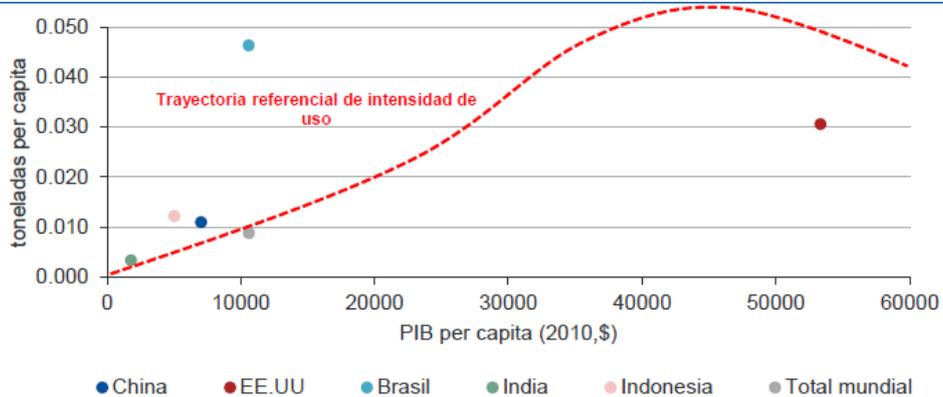
**EMD: demanda de KCl y demanda total de nutrientes (millones de toneladas)**



**2.4 Intensidad de uso y ciclo de desarrollo del potasio:**

Según nuestros cálculos, Brasil y EEUU poseen el mayor consumo per cápita. En estos dos países se consumen 46 kg y 31 kg per cápita, respectivamente. En términos de desarrollo de los países, EEUU tiene el PIB per cápita más alto, alrededor de USD 53.300 en 2017. China es el mayor consumidor de cloruro de potasio. En el mismo año, China tuvo una intensidad de uso de 11 kg per cápita, USD 7.000 de su PIB per cápita. Mientras tanto, India sigue siendo el cuarto mayor consumidor de potasio, pero tiene una de las tasas más bajas de consumo de potasio per cápita (~3 kg per cápita) a nivel mundial. El PIB per cápita del país también sigue siendo bajo, de USD 2.400. En general, la intensidad de uso mundial de potasio fue de 9 kg per cápita, con un PIB per cápita de USD 10.600.

**Figura 6 Intensidad de uso según PIB per cápita, 2017**



### **2.4.1 Sustitución y elasticidad de la demanda de potasio:**

La potasa es la principal fuente de potasio para los fertilizantes. No se prevén amenazas de sustitución. Sin embargo, avances tecnológicos tales como la producción de sustitutos químicos que puedan reemplazar el potasio pueden crear una amenaza para la industria, ejerciendo presión sobre la producción y la demanda de potasio. Aun así, estos esfuerzos no han encontrado un producto que pueda ser producido a gran escala, por lo que todavía existe cierta seguridad en la demanda de potasa.

**Tabla 1 Análisis de la elasticidad de la demanda, Potasio**

Factor de análisis	Características específicas del potasio
Usos principales	Fertilizante
Baja sustituibilidad	No, sólo puede ser parcialmente sustituido por fertilizantes nitrogenados u otros fertilizantes orgánicos pero con severas limitaciones
Participación de bajo valor	Sí, incluso en países de bajos ingresos
Baja elasticidad de la oferta de sustitutos	No
Baja elasticidad precio final	Si

### **2.5 Demanda histórica del potasio:**

#### **Principales consumidores por actividad económica**

#### Principales países y/o regiones consumidoras de potasio

En esta sección se presentan los principales países y/o regiones consumidoras de potasio primario. Dada la naturaleza global del consumo de commodities, se analizan los países y/o regiones que son efectivamente relevantes para el estudio y entendimiento del mercado a analizar, con un enfoque en distinguir y separar países y/o regiones cuyo comportamiento futuro pueda impactar el mercado.

Entre 2008 y 2017, la demanda mundial de cloruro de potasio creció un 32%, alcanzando un máximo de 66,6 Mt en 2017. El desarrollo más importante durante este período histórico ha estado menos relacionado con el crecimiento absoluto que con la concentración geográfica del crecimiento de la demanda. La demanda de cloruro de potasio en países como China, Brasil e Indonesia creció a una tasa del 8,7%, 4,7% y 6,2%, respectivamente. Esto equivale a un total de casi 12,8 Mt de crecimiento de la demanda.

Durante este período, el crecimiento de la demanda estuvo relacionado a los cambios en la producción agrícola, que se vio sometida a la presión de una serie de acontecimientos, entre ellos:

- La pérdida de la producción de cereales a causa de sequías e inundaciones en importantes zonas productoras de cultivos como Australia y los países de la CEI, lo que significa que las regiones no afectadas tuvieron que mejorar las tasas de productividad y, por lo tanto, aplicar mayores volúmenes de fertilizantes.

- El aumento de los niveles de ingresos provocó un incremento de la demanda de cereales forrajeros y soja, con el fin de apoyar una producción de carne más alta en nutrientes.
- Un fuerte aumento de la demanda de azúcar, maíz y otros cultivos para producir biocombustibles.
- El continuo aumento de la población, que promueve una producción más intensiva de los cultivos, requiere la aplicación de fertilizantes adicionales.
- Además, también observamos un avance hacia tasas de aplicación de fertilizantes más equilibradas. El crecimiento de la demanda de potasa en el pasado ha tendido a quedarse atrás de los fosfatos (P) y el nitrógeno (N), especialmente en China y la India. Sin embargo, en los últimos años, China ha hecho hincapié en la obtención de una proporción de nutrientes más equilibrada, lo que ha impulsado la demanda de potasa. Sin embargo, el consumo en India sigue estando influenciado por un sistema de subvenciones a los precios que favorece a los fertilizantes nitrogenados.

En 2010, la prohibición rusa de las exportaciones de trigo se tradujo en un aumento de los precios mundiales del trigo en el segundo semestre del año. Esto contribuyó a un alza general de los precios de las materias primas blandas y, posteriormente, a una recuperación de las ventas de potasa. Las entregas combinadas de potasa crecieron 24,5 Mt en 2010 en comparación con 2009.

Tras un crecimiento más moderado en 2011, en 2012 la demanda mundial de KCl cayó a 49,5 Mt. Esta reducción estuvo relacionada con una serie de factores en mercados clave de todo el mundo: Norteamérica experimentó condiciones de sequía durante la temporada de siembra y cultivo; el sudeste asiático y otras regiones de Asia habían acumulado grandes existencias a partir de 2011; los compradores brasileños se resistieron a los intentos de aumentar los precios, lo que dio lugar a una reducción considerable de las compras.

En el período 2012-2014 se produjo un resurgimiento de la demanda mundial de potasa, que pasó de 49,5 Mt a 64,2 Mt en 2014. El principal impulsor de este crecimiento en las entregas mundiales de potasa fue una caída de casi el 40% en los precios de la potasa durante el periodo 2012-14 tras la ruptura del acuerdo de comercialización entre Rusia y Bielorrusia. La demanda de potasa es sensible a los precios y a la asequibilidad debido a su tasa de agotamiento relativamente lenta. El potasio es menos móvil en el suelo que otros fertilizantes y, por lo tanto, en períodos de precios altos, la potasa tiende a ser la primera en cortarse ya que los cultivadores dependen de los niveles residuales de potasio. Los productores capitalizaron la caída de los precios en 2013 y 2014 para reponer los niveles de potasio.

La demanda incentivada por los precios se vio respaldada por la evolución de la situación en China. Condiciones de cultivo generalmente favorables combinadas con precios mayoristas y de importación estables. Con el apoyo del gobierno de China a los precios de los cereales, la asequibilidad relativa de la potasa siguió aumentando.

Otra razón de este aumento en la demanda mundial de potasa fue el crecimiento de las existencias. El crecimiento de las existencias de EEUU fue particularmente fuerte a finales de 2014, ya que se reconstruyeron después de alcanzar un mínimo de seis años durante el verano. Creemos que los consumidores estadounidenses desconfiaban de una repetición de lo sucedido a principios de 2014, cuando las limitaciones en la red ferroviaria significaban que los proveedores no podían entregar suficiente producto en el período previo a la siembra de primavera. La acumulación de inventario también sucedió en India, Brasil y China.

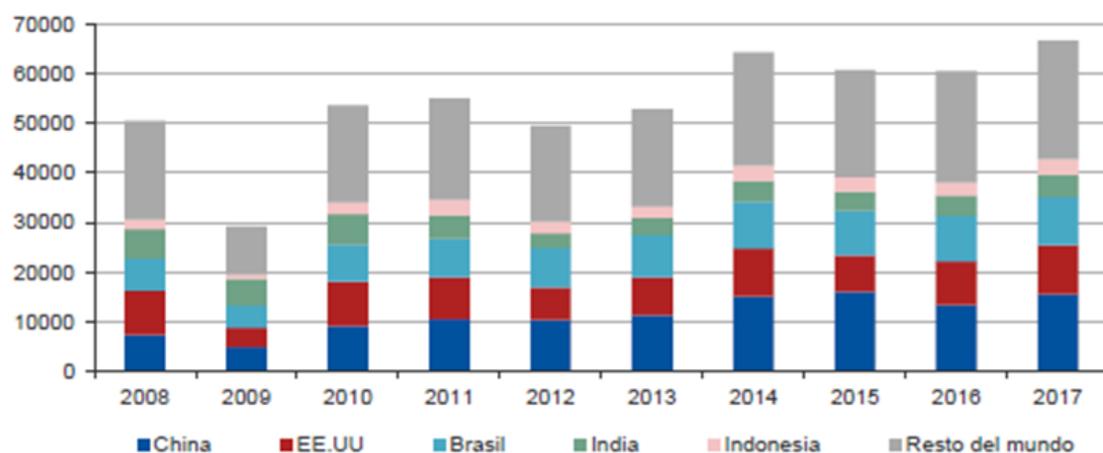
Sin embargo, en 2015 la demanda de potasa descendió de un máximo de 64,2 Mt en 2014 a 60,8 Mt, lo que supone un descenso del 5,4%. Esto se debió a que los compradores optaron por retirar las existencias acumuladas en 2014 y a que anticiparon nuevas caídas de los precios.

En 2016, la demanda volvió a repuntar, con una subida interanual del 1% hasta alcanzar los 60,5 Mt. Estados Unidos fue el principal impulsor del crecimiento, con un aumento de la demanda de 1,4 Mt tras la casi récord siembra de maíz, las condiciones climáticas favorables y el aumento de las existencias. Sin embargo, gran parte de este crecimiento se vio compensado por una reducción en China, que experimentó un descenso interanual del 16% (2,6 Mt), como resultado de la disminución de los precios agrícolas y de los índices de aplicación. La abolición de la política de precios mínimos de apoyo para el maíz en 2016 presionó la demanda en todo el sector de fertilizantes de China.

Además, un fuerte fenómeno de El Niño en 2015-16 afectó las condiciones de crecimiento en el sudeste asiático.

Más recientemente, la demanda aumentó de 60,5 Mt en 2016 a 66,6 Mt en 2017. En términos absolutos, los mayores contribuyentes a este crecimiento fueron China y Estados Unidos.

Figura 7 Consumo histórico de cloruro de potasio, 2008-2017 ('000t MOP)



Fuente: CRU

Tabla 2 Consumo histórico de cloruro de potasio, 2008-2017 ('000t MOP)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
China	7.324	4.982	9.098	10.539	10.292	11.264	15.052	16.014	13.386	15.467	8,7%
EEUU	8.936	3.770	8.965	8.387	6.644	7.712	9.733	7.401	8.793	9.924	1,2%
Brasil	6.415	4.446	7.450	7.823	7.899	8.502	9.385	8.866	9.207	9.689	4,7%
India	6.010	5.444	6.190	4.716	2.908	3.463	4.193	3.952	4.022	4.531	-3,1%
Indonesia	1.881	808	2.352	3.095	2.373	2.189	3.148	2.812	2.591	3.221	6,2%
Resto del mundo	19.821	9.711	19.568	20.416	19.352	19.732	22.733	21.713	22.466	23.765	2,0%
<b>Total mundial</b>	<b>50.387</b>	<b>29.162</b>	<b>53.623</b>	<b>54.977</b>	<b>49.469</b>	<b>52.861</b>	<b>64.244</b>	<b>60.758</b>	<b>60.465</b>	<b>66.597</b>	<b>3,1%</b>
% cambio anual		-42,1%	83,9%	2,5%	-10,0%	6,9%	21,5%	-5,4%	-0,5%	10,1%	

Fuente: CRU

## 2.6 Proyección de la demanda de potasio:

### Continuidad

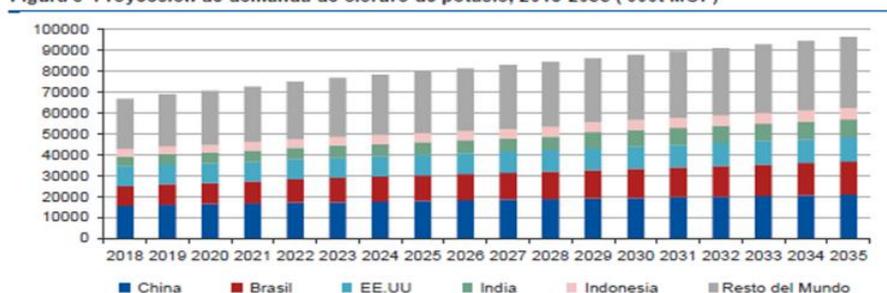
La demanda mundial de potasa crecerá en 29,5 Mt (una TCAC del 2,2%) entre 2018 y 2035, hasta alcanzar 96,3 Mt al final del periodo. La tasa de crecimiento anual a largo plazo de 2018-2035 está ligeramente por debajo de la TCAC del 3,1% observada entre 2008 y 2017.

Países como China, Brasil, EEUU, India e Indonesia serán importantes motores de crecimiento, con un incremento combinado de la demanda de 19,5 Mt (5,3 Mt, 6,5 Mt, 1,9 Mt, 4,1 Mt y 1,6 Mt respectivamente). El crecimiento de la demanda se verá respaldado por el cambio de los agricultores a cultivos que ofrecen precios más altos, como las frutas y hortalizas, lo que supone una proyección positiva para la demanda de K<sub>2</sub>O, ya que estos productos constituyen cerca del 50% del consumo total de potasio.

En China, creemos que la reducción del 2% del IVA sobre la potasa importada y otros fertilizantes del 13% al 11% ayudará a mantener un crecimiento constante de la demanda de potasa. Nuestras cifras muestran que China seguirá siendo el mayor consumidor de potasa en 2035, por delante de cualquier otro país del mundo.

India es uno de los mercados de crecimiento más importantes para la potasa. En términos porcentuales, se proyecta que India registre la mayor tasa de crecimiento durante el período de proyección, con un aumento de la demanda del 89%, de 4,6 Mt en 2018 a 8,7 Mt en 2035.

Figura 8 Proyección de demanda de cloruro de potasio, 2018-2035 ('000t MOP)



Fuente: CRU

Tabla 3 Proyección de demanda de cloruro de potasio 2018-2035 ('000t MOP)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
China	15.563	15.984	16.339	16.660	17.068	17.288	17.563	17.841	18.126	18.414
Brasil	9.336	9.880	10.097	10.514	11.133	11.602	11.909	12.223	12.546	12.878
EEUU	9.590	9.530	9.434	9.504	9.592	9.529	9.680	9.834	9.990	10.149
India	4.594	4.833	5.071	5.313	5.509	5.821	5.934	6.048	6.165	6.283
Indonesia	3.750	3.855	3.978	4.082	4.194	4.307	4.390	4.475	4.561	4.648
Resto del mundo	23.978	24.846	25.679	26.547	27.426	28.291	28.845	29.408	29.980	30.558
<b>Total mundial</b>	<b>66.811</b>	<b>68.928</b>	<b>70.598</b>	<b>72.620</b>	<b>74.922</b>	<b>76.838</b>	<b>78.320</b>	<b>79.830</b>	<b>81.367</b>	<b>82.930</b>
% cambio anual		3,2%	2,4%	2,9%	3,2%	2,6%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-35
China	18.708	19.004	19.306	19.612	19.924	20.241	20.562	20.889	1,7%
Brasil	13.218	13.567	13.926	14.294	14.671	15.059	15.457	15.865	3,2%
EEUU	10.310	10.474	10.640	10.809	10.981	11.156	11.333	11.513	1,1%
India	6.403	7.752	7.899	8.048	8.199	8.353	8.510	8.668	3,8%
Indonesia	4.737	4.828	4.920	5.012	5.106	5.202	5.300	5.399	2,2%
Resto del mundo	31.143	30.507	31.078	31.647	32.216	32.800	33.390	33.980	2,1%
<b>Total mundial</b>	<b>84.518</b>	<b>86.131</b>	<b>87.768</b>	<b>89.423</b>	<b>91.097</b>	<b>92.811</b>	<b>94.552</b>	<b>96.315</b>	<b>2,2%</b>
% cambio anual		1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	

## **2.7 Balance de mercado y precio del potasio:**

### **2.7.1 Descripción de la estructura y mecanismos de precio del potasio:**

A diferencia de los otros fertilizantes importantes, la potasa no tiene un precio de mercado comercializado internacionalmente establecido por la actividad diaria de compra y venta en la que participan productores/exportadores, importadores/consumidores y, lo que es más importante, comerciantes internacionales. No existe un mercado terminal para los fertilizantes que se compran y vendan sobre una base especulativa, por lo que la industria depende de los contactos directos y de los precios publicados para obtener información.

El cloruro de potasio se fabrica de acuerdo con estándares comunes, de modo que los productos de la mayoría de los proveedores son muy similares entre sí.

La principal categoría del producto, al que se refieren la mayoría de las series de precios, es el cloruro de potasio estándar que contiene un mínimo de 60% de K<sub>2</sub>O y que consiste en partículas finas o estándar (<1 mm).

Durante muchos años, el comercio internacional de potasa estuvo dominado por la industria canadiense, que vendía sus productos a través de Canpotex, y FOB Vancouver se convirtió en el precio de referencia del cloruro de potasio. De forma general, el exportador canadiense no publicaba sus precios, pero confirmaba los rangos de FOB en las que se realizaba la mayor parte de sus operaciones.

### **2.7.2 Principales impulsores de los precios de la potasa:**

Los fundamentos de la oferta y la demanda son fundamentales para proyectar los precios de muchas materias primas, pero la industria de la potasa por lo general sólo responde a equilibrios de mercado extremos (como en 2007, cuando la tasa de operación de la industria era del 92%, o en 2009, cuando cayó al 48%), debido a la concentración de la oferta. En los últimos años, las adiciones de capacidad han creado un entorno más competitivo. Esto podría intensificarse con la llegada de múltiples nuevos operadores, creando una interacción más dinámica entre la oferta, la demanda y el precio.

- Los precios de las materias primas agrícolas influyen en las decisiones de compra de los consumidores. Los productores de fertilizantes sostienen que el costo de los fertilizantes representa sólo una pequeña parte de los costos de los insumos de los agricultores, pero los consumidores inevitablemente ajustan sus compras de fertilizantes en respuesta al precio de mercado de sus cultivos.
- En principio, los costos marginales a corto plazo deberían fijar los precios mínimos en el mercado. Esto se basa en el supuesto de que, en un mercado en caída, los precios caerán hasta que alcancen el costo de explotación de la capacidad marginal necesaria para satisfacer la demanda. Sin embargo, gracias a una combinación de condiciones favorables de mercado y a la estrategia de gestión de la oferta, los productores han podido mantener los precios por sobre los costos de explotación.

- Los precios de otros fertilizantes ciertamente poseen cierta influencia en las decisiones de compra de los consumidores, pero los precios de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados suelen responder mucho más rápidamente a los estímulos del mercado. Creemos que, si los precios de MOP son demasiado altos en relación con los fertilizantes N y P, los consumidores reducirán la proporción de potasa en sus compras de fertilizantes, aunque lo contrario no es necesariamente cierto si la potasa está subvalorada en relación con los fertilizantes N y P.

- Los costos de flete pueden contribuir significativamente a los costos de entrega, pero el debilitado estado actual redujo la importancia de esto.

### **2.7.3 Balance mercado y precio histórico del potasio:**

Una consideración importante en la estimación del comportamiento de los precios es el efecto del equilibrio del mercado. Existe una fuerte correlación entre la utilización nominal de la industria a nivel mundial en un año y los precios de exportación en el año siguiente. Desde 2007, existe una correlación positiva del 86% entre la utilización nominal y FOB Vancouver, excluyendo el 2009. La correlación con la utilización efectiva es inferior al 20%, destacando que, aunque las reducciones voluntarias pueden ayudar a establecer un precio mínimo, tienen un efecto mucho menor en el comportamiento de los precios.

Antes de 2008, los precios de la potasa eran relativamente estables, especialmente en comparación con los precios de los últimos diez años. El relativo estancamiento terminó en 2008, debido a que la escasa oferta de los principales cultivos (los principales consumidores de potasa), provocando un aumento de los precios de los cultivos que derivó en que los precios de la potasa alcanzarán niveles sin precedentes. El aumento de los precios internacionales de los cultivos hizo que los agricultores comerciales pudieran adquirir mayores cantidades de fertilizantes, incluida la potasa, para lograr mayores rendimientos. Esta repentina presión sobre la industria de la potasa para ampliar la producción reveló que las capacidades de producción indicadas por los productores no podrían estar disponibles a corto plazo. Como consecuencia, la oferta de potasa se volvió más escasa y los productores pudieron justificar precios más altos como mecanismo de racionamiento.

El aumento de los precios de los fertilizantes en 2008 fue proporcionalmente mucho mayor que los movimientos de los precios de los cultivos. Por lo tanto, cuando la demanda se desplomó en 2009, los productores intentaron, aunque sin éxito, mantener los precios alcanzados en el año anterior.

En 2010, los acontecimientos en el sector de los cultivos proporcionaron un apoyo renovado para que los precios de los fertilizantes subieran aún más, aunque subieron más lentamente que en 2008. Los precios subieron en 2011 y, en gran parte de 2012, los productores lograron mantener los aumentos de precios logrados en 2011, aunque los precios al contado se debilitaron hacia finales de año debido a la ausencia de contratos con India y China.

El precio promedio del KCl en 2014 fue de USD 290/tonelada (en el punto de referencia FOB Vancouver), un 24% más bajo que el año anterior. En 2015, la demanda disminuyó con respecto a los niveles récord registrados en 2014. Esta debilidad del mercado persistió hasta 2016, con la caída de los precios como resultado del aumento de la oferta, las altas existencias en China y el bajo precio de los contratos acordados en la India. Los precios al contado del MOP se mantuvieron relativamente estables sobre una base promedio anual en 2017 de USD 210/tonelada.

Figura 22 Equilibrio y precio histórico de mercado del cloruro de potasio, 2008-2017

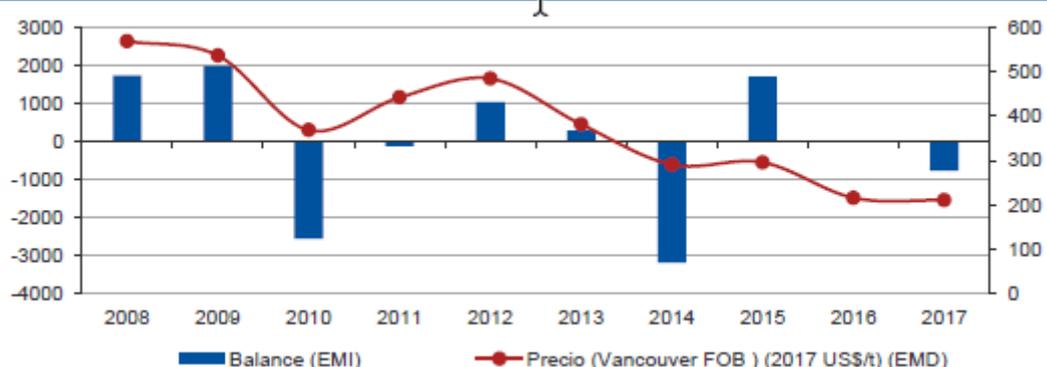


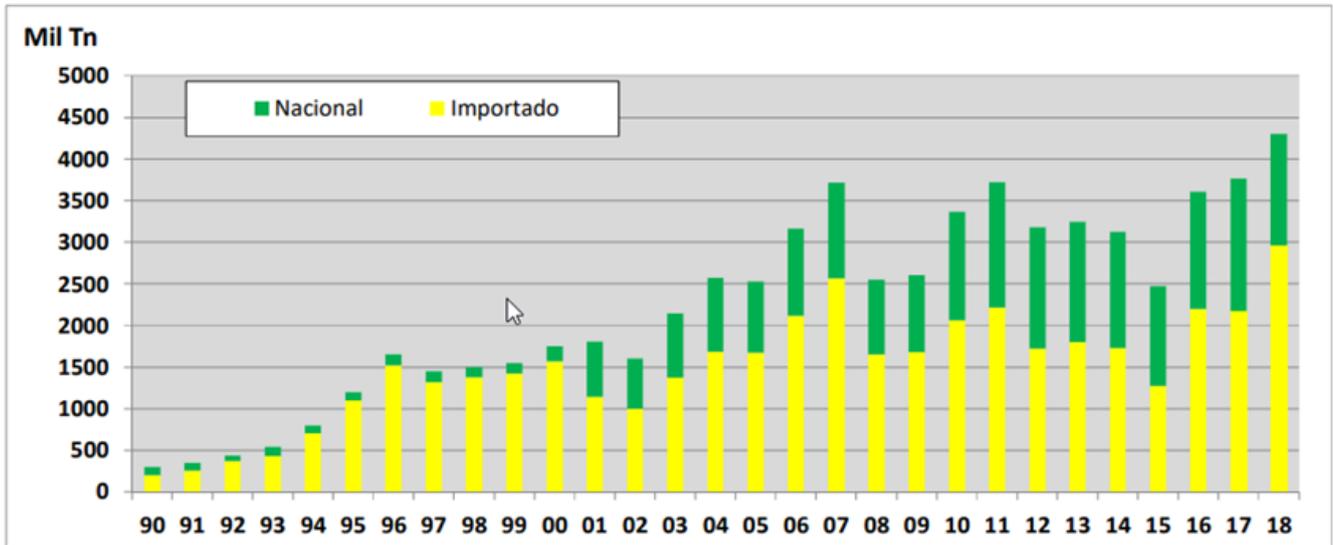
Tabla 14 Equilibrio y precio histórico de mercado del potasio, 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
<b>Equilibrio de mercado ('000t)</b>											
Oferta	52.106	31.146	51.089	54.849	50.496	53.146	61.051	62.457	60.489	65.829	2,6%
Demanda	50.387	29.162	53.623	54.977	49.489	52.861	64.244	60.758	60.465	66.597	3,1%
Equilibrio	1.720	1.985	(2.555)	(128)	1.027	285	(3.193)	1.699	24	(767)	
<b>Precio del potasio</b>											
Precio (precio FOB Vancouver) (2017 US\$/t)	568,5	536,0	368,0	441,6	484,2	381,2	290,2	295,3	215,4	210,0	-10,5%
Precio (precio FOB Vancouver) (USD/t)	498,5	473,5	329,0	403,0	450,0	360,0	279,0	287,0	212,0	210,0	-9,2%

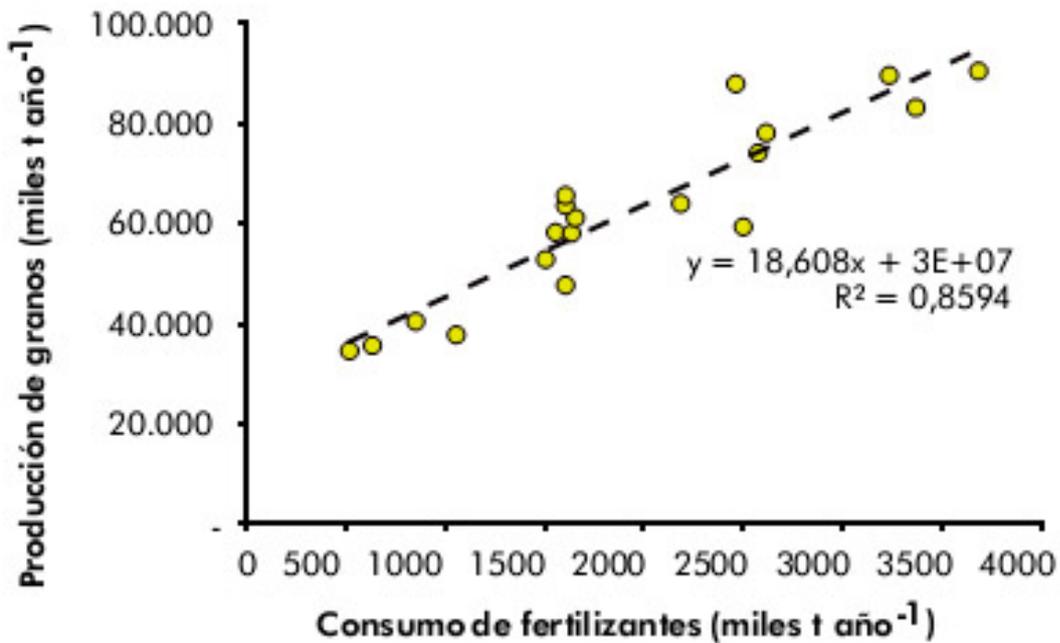
## 2.8 Evolución de consumo de Fertilizantes en Argentina:

Retrasada temporalmente, la Argentina tuvo una evolución similar a las tendencias mundiales. Durante los últimos 20 años, el consumo de fertilizantes en la Argentina se incrementó más de 10 veces, de 300 mil toneladas en 1990 hasta 3.7 millones en el año 2011, que fue el máximo registro de consumo. La tendencia de crecimiento siempre fue positiva hasta el año 2008 (Figura 1), cuando por razones climáticas y macroeconómicas, el volumen se estancó. Durante este período, la correlación entre producción de granos y consumo de fertilizantes es muy estrecha (Figura 2).

**Figura 1.** Evolución histórica del consumo de fertilizantes en Argentina. Fuente: CIAFA-Fertilizar Asociación Civil.



**Figura 2.** Relación entre consumos de fertilizantes y producción de granos (trigo, soja, maíz, y girasol) en Argentina entre 1990 y 2008. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

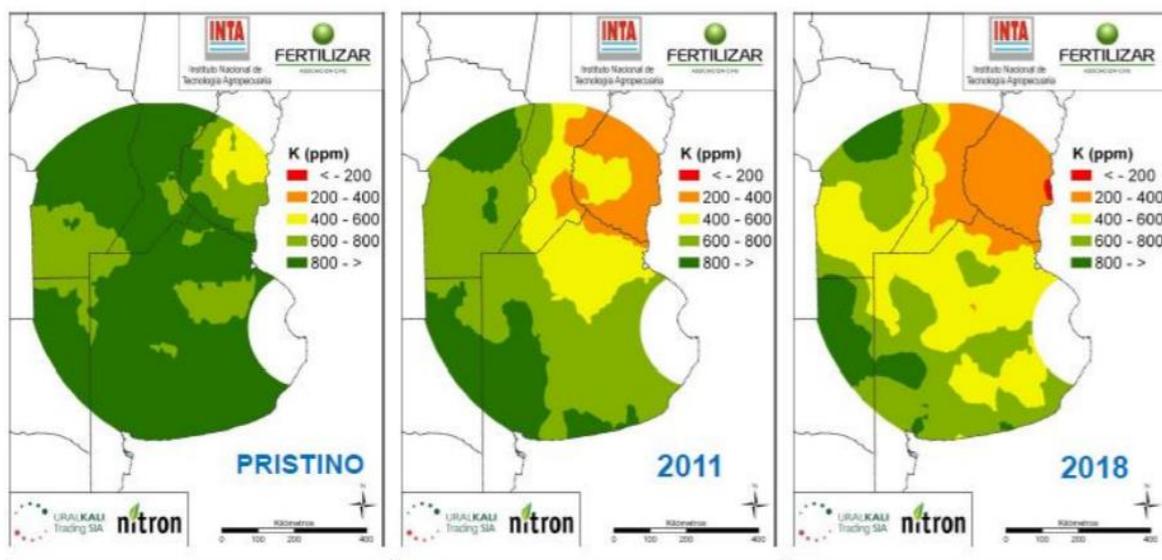


Este crecimiento abrió la puerta a la producción local de fertilizantes con fábricas de escala mundial, que fueron ocupando un rol creciente en la provisión del mercado argentino. En el año 1992, la participación de los fertilizantes nacionales era del 15% del consumo total mientras que en el año 2011 la participación fue del 40% sobre el total

La Argentina muestra baja demanda de potasio, en relación con la significativa producción agrícola e importantes extensiones de tierra bajo cultivo. El consumo de fertilizantes potásicos de 2018 fue de 69.312 toneladas K<sub>2</sub>O, que representa tan solo el 2% del consumo de fertilizantes del país. La baja fertilización potásica en el país se debe a la composición natural de los suelos, ricos en este nutriente, especialmente en la región pampeana. No obstante, la baja reposición actual supone que durante los próximos 10 a 20 años crezca la demanda de fertilizantes potásicos, cosa que ya sucede en la actualidad en zonas agrícolas de Entre Ríos y Santa Fe.

El desafío por parte de los actores del sector -asociaciones de productores, INTA, arrendatarios y propietarios de tierras cultivables, entre los principales-, consiste en prever en un futuro no tan lejano la incorporación de potasio a los suelos donde se manifestará su escasez. Los investigadores coinciden en que hay cierta renuencia a fertilizar, porque si bien hasta ahora la producción agrícola ha crecido a expensas de la fertilidad natural del suelo -con poco uso de fertilizantes potásicos-, en el futuro habrá que emprender una tarea de concientización si se pretende continuar produciendo a los niveles actuales o inclusive superiores

### Esquema 3. EVOLUCIÓN DE LA PRESENCIA DE POTASIO



Fuente: Ing. Agr. H. Sainz Rozas et al. presentado en el Simposio de Fertilidad 2019.

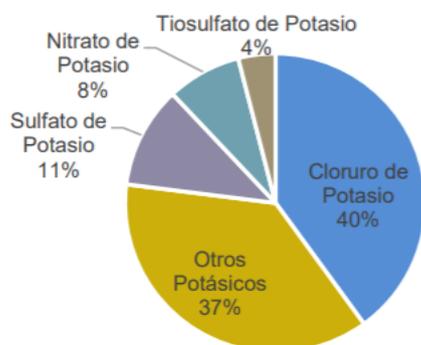
Todo el consumo local de potasio proviene de importaciones, las cuales muestran una tendencia creciente. En 2018 se registraron importaciones récord por 108 mil toneladas, que se transaron a un precio promedio de U\$S 448 la tonelada, totalizando U\$S 48 millones. En un contexto de creciente demanda y ante una recuperación de los precios, dichas erogaciones podrían ascender a U\$S 100 millones anuales

**Cuadro 6. IMPORTACIONES PRODUCTOS DE POTASA EN LATINOAMERICA, MILES DE TONELADAS**

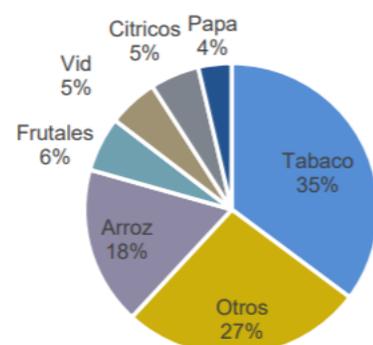
País	2016	2017	2018
Brasil	8.832	9.869	10.661
Colombia	638	602	619
Paraguay	205	234	269
Perú	143	260	231
Ecuador	166	212	217
Argentina	76	89	108
Chile	64	82	116
Uruguay	74	88	91
Bolivia	4	2	4
<b>Total Latinoamérica</b>	<b>10.204</b>	<b>11.437</b>	<b>12.316</b>

**Gráfico 12. CONSUMO DE POTASIO EN ARGENTINA, POR TIPO DE PRODUCTO Y CULTIVO**

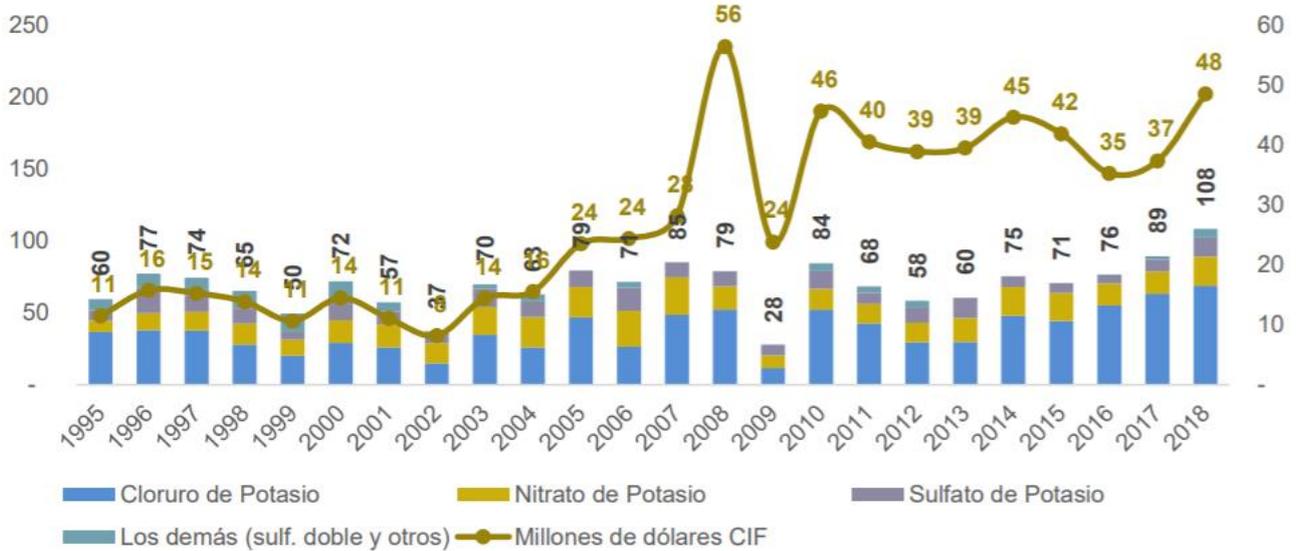
Consumo de potasio, según tipo de fertilizante (2018)



Consumo de fertilizantes potasicos por cultivo (2017/2018)



**Gráfico 13. IMPORTACIONES DE PRODUCTOS DE POTASA EN ARGENTINA, POR PRODUCTO MILES DE TONELADAS**



**2.9 Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado del potasio:**

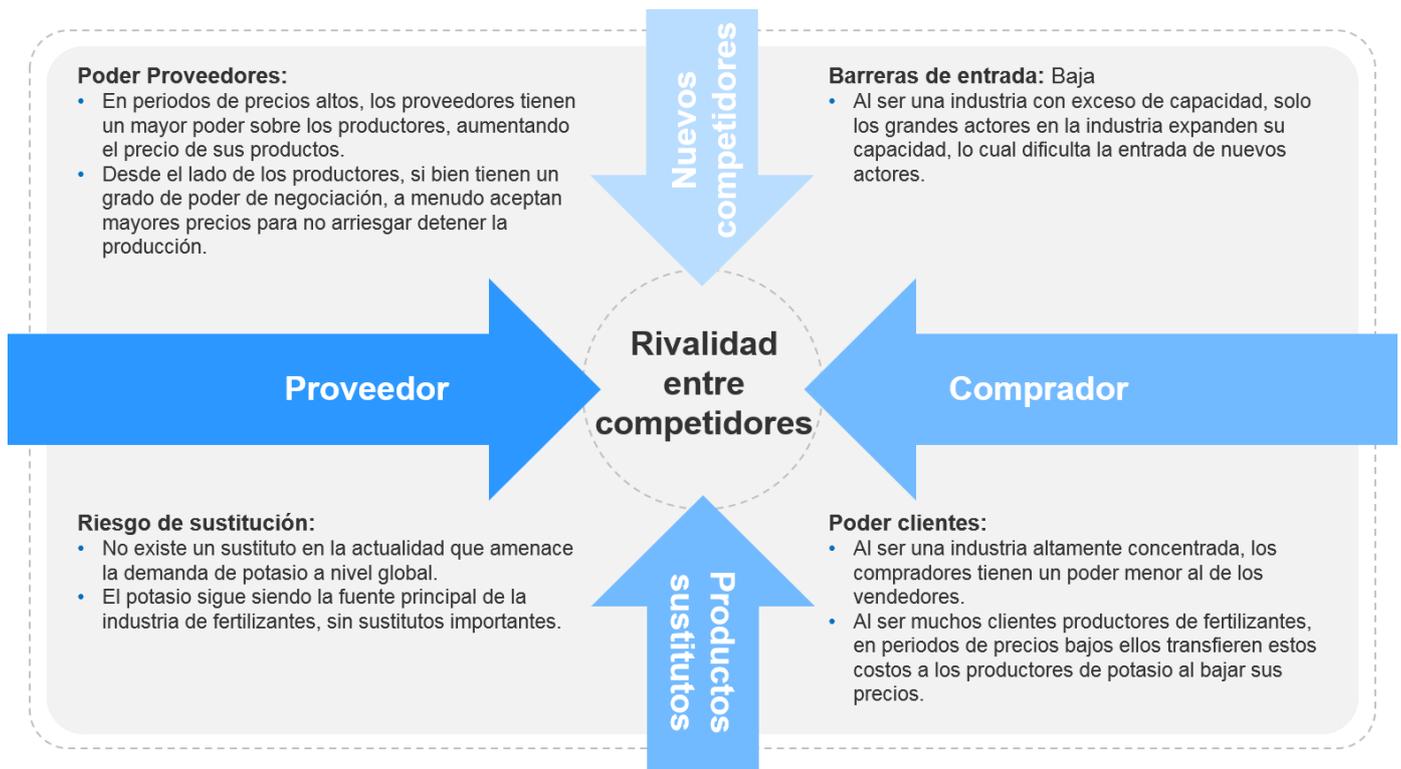
El modelo de Porter es una herramienta que se usa para analizar el nivel de competencia de un mercado. Este marco de trabajo trata con cinco fuerzas clave que ayudan a determinar qué tan atractiva es una industria. Estas fuerzas incluyen: la amenaza de productos sustitutos, la amenaza entre competidores existentes, la amenaza de nuevos competidores entrantes y el poder de negociación de los compradores y los proveedores. A continuación, resumimos cada fuerza.

Para la mayoría de las industrias, la rivalidad es un determinante clave del nivel de atracción de la industria. Aquí tratamos de estimar qué tan concentrado está el mercado y si los competidores poseen una ventaja competitiva. Además, si la industria ofrece retornos altos, también se volverá atractiva para competidores nuevos. Esto podría causar una amenaza para los participantes actuales, ya que su rentabilidad se verá afectada. La importancia de la amenaza se ve determinada por: barreras de ingreso, costo capital, economías de escala, lealtad de los compradores y diferenciación de producto.

Al usar este modelo también vemos productos sustitutos. Los factores potenciales que podrían representar una amenaza son: costos de cambio del comprador, diferenciación de productos, dinámica de precios de sustitutos.

Por último, analizamos el poder de negociación de los proveedores y compradores. Aquí observamos una concentración relativa entre los proveedores y compradores, con una capacidad de influenciar los movimientos de precios.

## Análisis de cinco fuerzas de Porter para el Cloruro de Potasio



### Rivalidad competitiva: Alta

El mercado está dominado por grandes productores integrados que compiten tanto en calidad como en precio. Los altos precios y el cambio hacia la escasez de oferta incentivarán a los productores existentes a aumentar la producción. Sin embargo, es probable que la nueva capacidad provenga de los actores existentes.

### Amenaza de entrada - Baja

La industria de la potasa se encuentra actualmente con un exceso de capacidad. No vemos nuevas inversiones en el mercado en los próximos 15 años. Las relaciones establecidas entre clientes y proveedores también tienen un papel clave. Entre los factores que crean grandes barreras se encuentran: elevados costos de capital, actores existentes poseen economías de escala, que pueden beneficiarse de una ventaja de costos con respecto a los nuevos actores.

### Productos sustitutos - Baja

La potasa es la principal fuente de potasio para los fertilizantes. No se prevén amenazas de sustitución. Sin embargo, los cambios en la tecnología pueden crear una amenaza para la industria, ejerciendo presión sobre la producción y la demanda de potasio. Aun así, estos esfuerzos no han encontrado un producto que pueda ser producido a gran escala, por lo que todavía existe cierta seguridad en la demanda de potasa.

## Poder de negociación de los proveedores - Moderado y bajo

El mercado está dominado por grandes actores. Ya que el producto no tiene sustitutos, los proveedores poseen mayor poder para influir en el precio. En períodos de precios altos, los proveedores tienen un mayor poder de negociación sobre las empresas mineras, aumentando los precios de sus productos. Por parte de las empresas mineras, aunque tienen cierto poder de negociación, normalmente aceptan precios de suministro más altos, ya que no pueden arriesgarse a detener la producción.

### 2.9.1 Balance Económico:

A continuación, determinaremos la rentabilidad o no de nuestro proyecto:

Tomo como base actual de precios:

- Precio de nuestra materia prima (Silvinita): 19U\$\$/ton
- Precio de venta de nuestro producto final (KCl): 490U\$\$/ton

Y estimando una producción de 48.000 ton/año:

✚ Ingreso por ventas= capacidad\*precio de venta

Ingreso por ventas= 48.000 ton/año \* 490 U\$\$/ton

**Ingreso por ventas= 23.520.000 U\$\$/año**

✚ Para una fracción másica de 0,13 de cloruro de potasio, tomando como base de cálculo 100 kg materia prima, las toneladas de salmuera alimentadas por cada tonelada de KCl serán:

$$\frac{1000 \text{ kg KCl} * 100 \text{ kg salmuera}}{13 \text{ kg de KCl}} = 7692,3 \text{ kg salmuera} = 7,69 \frac{\text{ton salmuera}}{\text{ton KCl}}$$

✚ Costo de materia prima:

$$\frac{48.000 \text{ ton KCl}}{\text{año}} * \frac{7,69 \text{ ton salmuera}}{\text{ton KCl}} * \frac{19 \text{ U\$\$}}{\text{ton salmuera}} = 7.015.377 \text{ U\$$/año}$$

## **RENTABILIDAD (GP)**

$$GP = \frac{INGRESOS - COSTOS}{INGRESOS} * 100\%$$

$$GP = \frac{23.520.000 - 7.015.377}{23.520.000} * 100\% = \mathbf{70,1\%}$$

Como conclusión ...

***Si entrara en explotación el proyecto podría abastecer el 75% del consumo de Argentina, Paraguay y Uruguay, mientras que las exportaciones a Brasil tendrían como objetivo reemplazar el 5 % de las importaciones. El Proyecto tiene buenas perspectivas ya que el mercado se encuentra en expansión y que una parte importante de dicha expansión se encuentra en la región de Sudamérica, especialmente en Brasil. Dicha expansión, junto con la oportunidad de proporcionar un mejor servicio a menores costos que los actuales proveedores lejanos (Canadá, Rusia, Alemania, Israel), constituye la oportunidad de mercado.***

*Capítulo N° 3:*

*Selección de tecnología e*  
*Ingeniería Básica*

### 3.1 Descripción del proceso:

El diseño del proceso está basado en elaborar productos de sal de potasio (potash) estándar y de alta calidad en la planta.

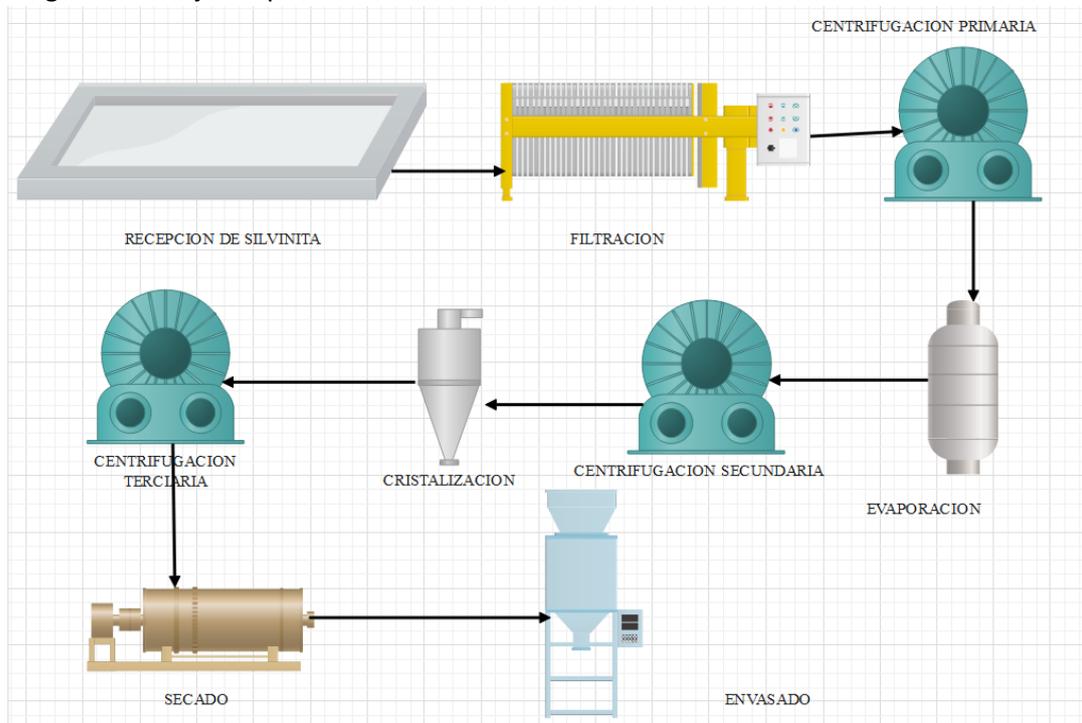
Este proyecto se centra en la separación de productos provenientes del proceso de solution mining . Para lograr dicho objetivo se utiliza un procedimiento en donde se destacan las operaciones unitarias de evaporación y cristalización, fundamentalmente, porque en estas etapas ocurre la separación entre el cloruro de sodio y el cloruro de potasio.

El criterio básico de diseño es producir un estimado de 48000 ton/año de producto vendible.

#### Resumen de proceso

- Recepción de salmuera.
- Pretratamiento:
  - filtración de silvinita
  - centrifugación primaria de silvinita
- Evaporación
- centrifugación secundaria
- Cristalización
- centrifugación terciaria
- Secado
- Envasado y Transporte

Diagrama de flujo simplificado:



**NOTA: Considerar donde se expresa bomba peristáltica debe entenderse bomba centrífuga.**

### **3.2 Selección de equipos y balance de masa por etapas:**

Como el contenido de minerales insolubles que acompañan las sales es importante, es necesaria su remoción previa a la separación de las sales. Los insolubles son principalmente arcillas que, en general, alcanzan porcentajes del 1 al 10% m/m.

Para eliminar los componentes insolubles se utilizan diferentes métodos según sea el contenido de estos finos y su granulometría.

#### **3.2.1 FILTRACION Y CENTRIFUGACION:**

En nuestro proceso utilizaremos dos Filtros prensa de cámara funcionando de manera intermitente.

Los filtros prensa se utilizan en diferentes industrias y aplicaciones para la separación de sólidos y líquidos. Entre las industrias en las que se pueden encontrar comúnmente los filtros prensa, se incluyen: industria química, procesamiento de minerales, procesamiento de áridos, farmacéutica, tratamiento de agua y residuos municipales, alimentos/bebidas, petróleo/gas, pulpa/papel y generación de energía.

El filtro de prensa se compone de una estructura de soporte que sostiene una serie de placas empotradas recubiertas con telas filtrantes. La presión hidráulica se utiliza para mantener las placas empotradas bien juntas, lo que genera un cierre hermético en torno a sus perímetros y espacios vacíos entre las placas. Una bomba de alta presión hace entrar la pulpa en las cámaras vacías formadas entre las placas para comenzar el desaguado. Los sólidos de la pulpa quedan atrapados entre las placas, al tiempo que el agua limpia filtrada pasa a través de la malla de las telas filtrantes y sale por los orificios de las placas de filtrado. Cuando las cámaras del primer filtro están llenas de sólidos de pulpa desaguados, la bomba de alimentación re dirige el flujo hacia el 2do filtro para que comience su operación. El primero comienza su desagote.

Desagote: La presión hidráulica que mantiene las placas juntas se libera para que las placas puedan separarse en forma individual, lo que permite que los residuos de filtración de material sólido desaguado caigan fuera del filtro de prensa por acción de la gravedad. Muchas personas creen que las placas de filtrado se comprimen juntas para expulsar el agua, pero el filtro de prensa nunca se mueve durante el proceso de desaguado. Los únicos movimientos que se producen tienen lugar cuando las placas se separan para expulsar los residuos de filtración secos o cuando se cierran para comenzar un nuevo ciclo del proceso de filtración. Las placas simplemente se conectan entre sí para formar un cierre hermético bajo presión hidráulica, mientras la bomba de alimentación suministra la presión suficiente para desaguar los sólidos finos.

Tamaño del equipo: 15600mm \*3000mm \*2500 mm

Placas: 141

Espesor de torta: 40 mm

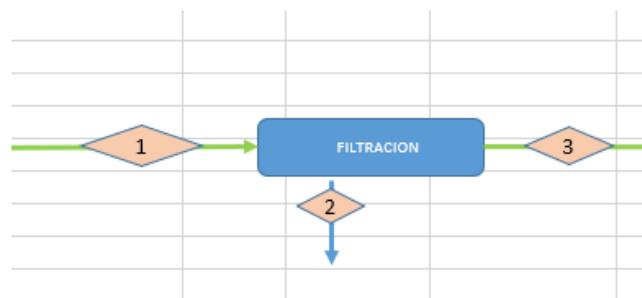
Para la etapa siguiente, la centrifugación primaria, utilizaremos una centrifuga tipo Pusher o de empuje.

En la centrífuga de empuje la velocidad de transporte de sólidos, deslizándose sobre el cesto de perfil trapezoidal, es inferior a la de la centrífuga de sinfín/cestillo. Consecuentemente, el tiempo de retención del material en el cesto es mucho mayor. La centrífuga de empuje es

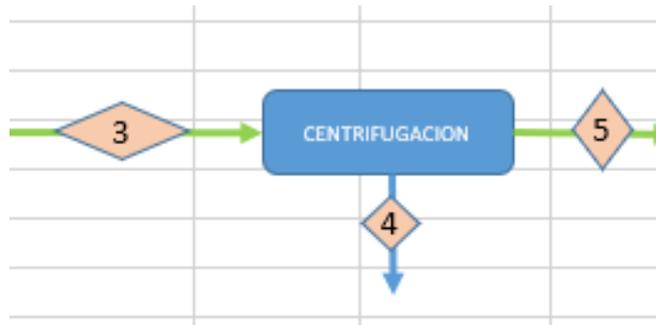
especialmente apropiada para la separación de productos abrasivos. Adicionalmente, la relativamente gruesa y densa torta de filtrado garantiza un buen rendimiento para sólidos muy finos. Ambos criterios – largo tiempo de retención y torta de filtrado densa – permiten la posibilidad de un desagüe adicional económico de sólidos con altos contenidos de finos provenientes de otros tipos de filtros. Las centrifugas de empuje vienen equipadas con partes rotativas de simple, doble y triple escalón. En la mayor parte de aplicaciones el cesto exterior será cilíndrico-cónico. En la parte cónica del cesto exterior, la torta de filtrado se soltará ajustando el espesor a un diámetro mayor para hacer más fácil la descarga de líquido capilar.

Las centrifugas de empuje de un solo escalón son la solución más económica para la separación simple de cristales sólidos gruesos de una solución con alta concentración de sólidos. La ejecución más frecuentemente usada es la de doble escalón. Las centrifugas de empuje de doble escalón sirven para aplicaciones más universales que las de empuje de un solo escalón debido a los cestos más cortos. Concentraciones variables de sólidos y/o partículas más finas en la alimentación pueden ser manejadas más fácilmente. Adicionalmente, un lavado intensivo de la torta del producto puede realizarse más fácilmente aplicando el líquido de lavado directamente sobre los sólidos. La disposición de estos equipos es horizontal.

Balance de masa para las etapas de filtración y centrifugación primaria:



F1:entrada filtracion			F2:rechazo filtracion			F3:entrada centrifugacion		
temperatura	25		temperatura	25		temperatura	25	
		Caudal Kg/h			Caudal Kg/h			Caudal Kg/h
composicion de caudal		52800	% rechazo		5377,57	composicion de caudal		47422,43
salmuera	0,9	47520	salmuera	0,08	430,205217	salmuera	0,992986	47089,79478
solidos	0,1	5280	solidos	0,92	4947,36	solidos	0,007014	332,64
composicion de salmuera			composicion de salmuera			composicion de salmuera		
KCl	0,13	6177,6	KCl	0,13	55,9266783	KCl	0,13	6121,673322
NaCl	0,19	9028,8	NaCl	0,19	81,7389913	NaCl	0,19	8947,061009
Imp sol	0,02	950,4	Imp sol	0,02	8,60410435	Imp sol	0,02	941,7958957
H2O	0,66	31363,2	H2O	0,66	283,935443	H2O	0,66	31079,26456
suma de fracciones	1		suma de fracciones	1		suma de fracciones	1	
composicion global			composicion global			composicion global		
KCl	0,117	6177,6	KCl	0,010	55,9266783	KCl	0,129	6121,673322
NaCl	0,171	9028,8	NaCl	0,015	81,7389913	NaCl	0,189	8947,061009
Imp sol	0,018	950,4	Imp sol	0,002	8,60410435	Imp sol	0,020	941,7958957
Imp insol	0,100	5280	Imp insol	0,920	4947,36	Imp insol	0,007	332,64
H2O	0,594	31363,2	H2O	0,053	283,935443	H2O	0,655	31079,26456
suma de fracciones	1		suma de fracciones	1	5377,56522	suma de fracciones	1	47422,43478



F4:rechazo centrifugacion			F5:entrada evaporador		
temperatura	25		temperatura	25	
		Caudal Kg/h			Caudal Kg/h
% rechazo	99%	350,6957	posicion de caudal		47071,74
salmuera		28,05565	salmuera	0,999788	47061,73913
solidos		322,64	solidos	0,000212	10
composicion de salmuera			composicion de salmuera		
KCl	0,13	3,647235	KCl	0,13	6118,026087
NaCl	0,19	5,330574	NaCl	0,19	8941,730435
Imp sol	0,02	0,561113	Imp sol	0,02	941,2347826
H2O	0,66	18,51673	H2O	0,66	31060,74783
suma de fracciones	1		suma de fraccior	1	suma
composicion global			composicion global		
KCl	0,010	3,647235	KCl	0,130	6118,026087
NaCl	0,015	5,330574	NaCl	0,190	8941,730435
Imp sol	0,002	0,561113	Imp sol	0,020	941,2347826
Imp insol	0,920	322,64	Imp insol	0,0002	10
H2O	0,053	18,51673	H2O	0,660	31060,74783
suma de fracciones	1	350,6957	suma de fraccior	1	47071,73913

Para el balance de masa en estas etapas se tomaron los siguientes datos granulométricos de solidos (barros insolubles).

Malla ASTM	abertura (mm)	masa retenid	P. retenido	P que pasa	en kg/h
10	2	0	0	100	
16	1,18	2,39	1,58	98,42	83,424
18	1	1,1	0,73	97,7	38,544
20	0,85	1,35	0,89	96,81	46,992
30	0,6	20,69	13,66	83,15	721,248
40	0,425	70,56	46,57	36,57	2458,896
50	0,3	39,6	26,14	10,44	1380,192
60	0,25	6,25	4,13	6,31	218,064
fondo	menor a #60	5,85	3,86		203,808
fino		3,7	2,44	3,87	128,832
	masa total	151,49	99,99		5280

ayelen caballero: solidos de nuestra corriente de entrada

<i>Selección de equipos</i>	<i>rango de tamaños</i>
<i>Filtración</i>	<i>de 2mm a 0,25mm</i>
<i>Centrifugación</i>	<i>0,25 mm a 0,07 mm</i>

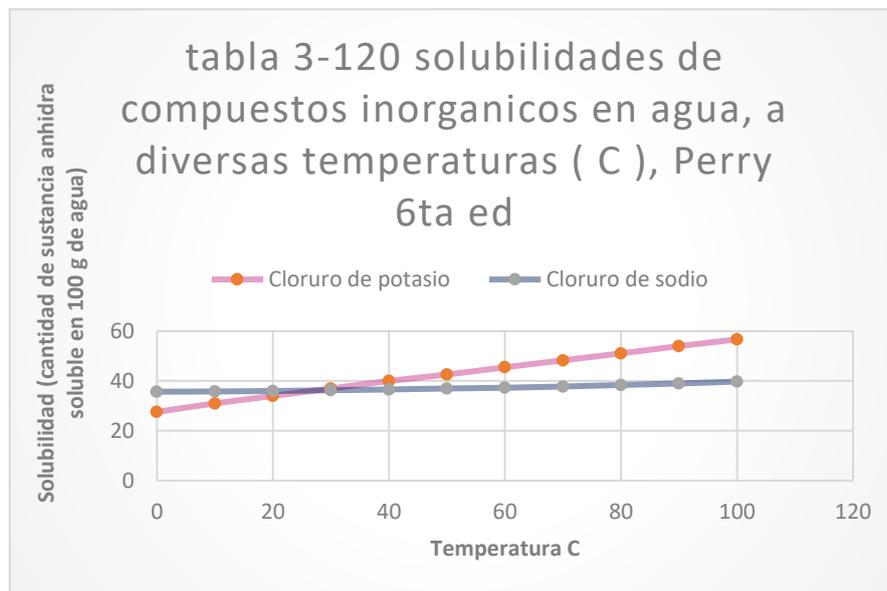
### 3.2.2 EVAPORACION:

El evaporador propuesto funciona a vacío y es de circulación forzada.

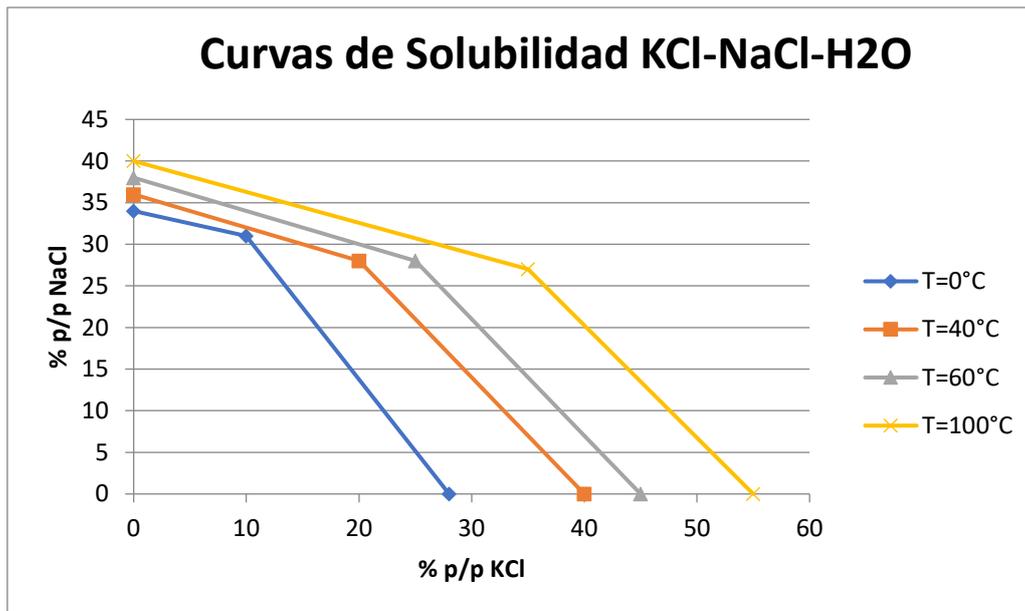
Los evaporadores de circulación forzada son especialmente indicados cuando el caudal a tratar contiene sustancias incrustantes, viscosidades, cristalizaciones, u otros elementos que impiden llevar a cabo una circulación natural.

Al trabajar en condiciones de vacío se puede reducir la temperatura de ebullición, por lo que se reduce el consumo energético.

La evaporación usa las distintas características de solubilidad del NaCl y el KCl . El KCl tiene una curva de solubilidad más pronunciada, y por lo tanto es más soluble a altas temperaturas, mientras que NaCl tiene una curva menos pronunciada y es menos susceptible a la variación de temperatura.



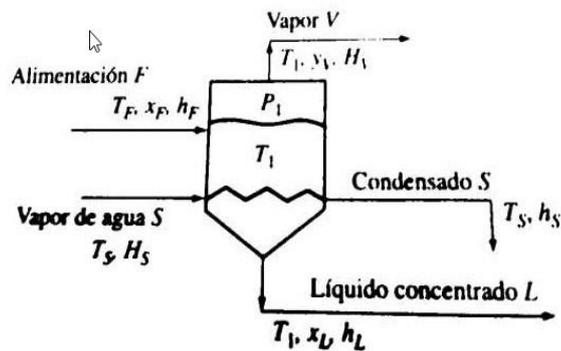
Nota: dicho grafico representa las curvas de solubilidad individuales de cada compuesto



Se efectuaron diversas simulaciones en sistemas de evaporación con 1, 2 y 3 efectos.  
 Se concluyo que para lograr la precipitación de la totalidad del NaCl solo basta con un efecto operando a 40 C

T=40°C	% KCl requerido	40	<b>Autor:</b> la separación completa se logra en el primer efecto, se fue probando diferentes porcentajes a T=40 y con solver se busco el mejor de los casos( %Na=0)
	% NaCl	0,0	
	masa sc [kg]	325	
	m KCl [kg]	130	
	m NaCl [kg]	0,0	
	m KCl ppdo [kg]	0	
	m NaCl ppdo [kg]	190,0	

### DISEÑO EVAPORADOR SIMPLE EFECTO



Balance de masa

$$F = L + V + P$$

Balance de energía

$$F * hf + S * Hs = L * hL + V * \Delta H_v + S * hs + P * hP$$

$$F * hf + S * \Delta H_s = L * hL + V * \Delta H_v + P * hP$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

Corriente	Información	Fórmulas	Resultado	Unidad	Información
F	Alimentación Solución NaCl + KCl	Dato	47071,739	kg/h	Balance de masa
L	Caudal de concentrado de NaCl	Dato	9804,432	kg/h	Balance de masa
V	Caudal de evaporación	Dato	21883,709	kg/h	Balance de masa
S	Caudal de vapor de calefacción	Calculado $S = \frac{V * \Delta H_v - F * hf}{\Delta H_s}$	24646,42	kg/h	
P	Caudal de KCl en solución	Dato	15383,598	kg/h	Balance de masa
Tf	Temperatura en la alimentación F	Dato	298	K	
Xf	Fracción masica de solidos en F	Dato	0,19		
hf	Entalpia de la corriente de alimentación F	Calculado $hf = Cp * (Tf - T1)$	-62,7	KJ/kgK	
T1	Temperatura de la corriente de concentrado L	Dato	313	K	
hL	Entalpia de la corriente de salida L	Calculado	0		Porque se logra el equilibrio y tiene la misma T1 al igual que el evaporador
xL	Fracción masica de solidos en L	Dato	0,90		
Ts	Temperatura de saturación del agua	Dato	373	K	A presión atmosferica
hs	Entalpia del líquido a Ts	Tabla	419,09	KJ/kg	
yv	Fracción de sólidos en el vapor	Dato	0		
Cp	Capacidad calorifica del agua	Tabla	4,18	KJ/kgK	
hP	Entalpia de la corriente P	Calculado	0		Porque se logra el equilibrio y tiene la misma T1 al igual que el evaporador
Hs	Entalpia del vapor a Ts	Tabla	2675,47	KJ/kg	
ΔHs	Entalpia de vaporización o Calor latente del agua a Ts	Calculado $\Delta H_s = H_s - h_s$	2256,38	KJ/kg	
Hv	Entalpia del vapor saturado a T1	Tabla	2573,27	KJ/kg	614, kcal/kg
hv	Entalpia del liquido saturado a T1	Tabla	166,9	KJ/kg	39,89 kcal/kg
ΔHv	Entalpia de vaporización o calor latente del agua a T1	Calculado $\Delta H_v = H_v - h_v$	2406,37	KJ/kg	
	Presión de vapor del agua a Ts	Tabla	760	mmHg	
	Presión de vapor del agua a T1	Tabla	55,38	mmHg	
	Vacio total	Calculado	704,62	mmHg	
Q	Cantidad de calor	Calculado $Q = S * \Delta H_v$	16474559,8	W (J/s)	16474,5598
U	Coefficiente de transferencia de calor	Tabla	4800	J/m2s°C	Fluidos viscosos, corrosivos, de difícil circulación
A	Área de transferencia	Calculado $A = \frac{Q}{U * (Tf - T1)}$	57,20	m2	



F5:entrada evaporador			F6:agua evaporada			F7:entrada a centrifugacion		
temperatura	25		temperatura			temperatura	40	
		Caudal Kg/h			Caudal Kg/h	ec y= -1,4 * x + 56		
posicion de caudal		47071,74			21883,7087	% requerido de KCl	40	Caudal Kg/h
salmuera	0,999788	47061,73913				composicion de caudal		25188,03
solidos	0,000212	10				salmuera	22942,6	15295,07
composicion de salmuera			composicion global			imp solubles	94,12348	94,12348
KCl	0,13	6118,026087	KCl	0	0	solidos		9798,842
NaCl	0,19	8941,730435	NaCl	0	0	composicion de salmuera (KCl H2O)		
Imp sol	0,02	941,2347826	Imp sol	0	0	KCl	0,4	6118,026
H2O	0,66	31060,74783	H2O	1	21883,71	NaCl	0	0
suma de fraccior	1		suma de fraccior	0		H2O	0,6	9177,039
composicion global						suma de fracciones	1	
KCl	0,130	6118,026087				composicion solidos ppdos		
NaCl	0,190	8941,730435				KCl	0,000	0
Imp sol	0,020	941,2347826				NaCl	0,913	8941,73
Imp insol	0,0002	10				Imp sol ppdas	0,086	847,1113
H2O	0,660	31060,74783				Imp insol	0,001	10
suma de fraccior	1	47071,73913				suma de fracciones	1,000	9798,842

### 3.2.3 CENTRIFUGACION SECUNDARIA:

En esta etapa utilizaremos el mismo tipo de centrifuga que en la centrifugación primaria.

A continuación, en balance de masa de esta etapa:



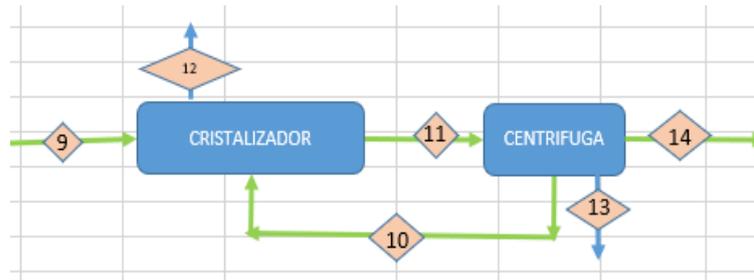
F7:entrada a centrifugacion			F8:rechazo centrifugacion		
temperatura	40		temperatura		
ec: y=-1.4*x+56					Caudal Kg/h
% requerido de KCl	40	Caudal Kg/h	% rechazo	100%	9804,4321
composicion de caudal		25188,03	fase liquida	0,001	15,38919
salmuera	22942,6	15295,07	fase solida	0,999	9789,043
imp solubles	94,12348	94,12348	composicion fase liquida		
solidos		9798,842	KCl	0,397554	6,118026
composicion de salmuera (KClH2O)			NaCl	0	0
KCl	0,4	6118,026	Imp sol	0,006116	0,094123
NaCl	0	0	H2O	0,59633	9,177039
H2O	0,6	9177,039	suma de fraccior	1	15,38919
suma de fracciones	1		composicion fase solida		
composicion solidos pppdos			KCl	0,000	0
KCl	0,000	0	NaCl	0,913	8932,789
NaCl	0,913	8941,73	Imp sol pppdas	0,086	846,2642
Imp sol pppdas	0,086	847,1113	Imp insol	0,001	9,99
Imp insol	0,001	10	suma de fraccior	1,000	9789,043
suma de fracciones	1,000	9798,842	composicion global		
composicion global			Caudal Kg/h		
KCl	0,243	6118,026	KCl	0,000624	6,118026
NaCl	0,355	8941,73	NaCl	0,911097	8932,789
Imp sol	0,034	847,1113	Imp sol	0,086324	846,3583
Imp insol	0,0004	10	Imp insol	0,001019	9,99
H2O	0,364	9177,039	H2O	0,000936	9,177039
suma de fracciones	1,00	25093,91	suma de fraccic	1	9804,432

F9:salida de la cent (entrada ppal a cristalizado)		
temperatura	40	
% de KCl en solucion	40	Caudal Kg/h
composicion de caudal		15383,59835
salmuera	0,993251	15279,77015
imp solubles	0,006112	94,02935478
solidos	0,000637	9,798841739
composicion de salmuera (KClH2O)		
KCl	0,4	6111,908061
NaCl	0	0
H2O	0,6	9167,862091
suma de fracciones	1	15279,77015
composicion solidos pppdos		
KCl	0,000	0
NaCl	0,913	8,941730435
Imp sol pppdas	0,086	0,847111304
Imp insol	0,001	0,01
suma de fracciones	1,000	9,798841739
composicion global		
Caudal Kg/h		
KCl	0,3973003	6111,908061
NaCl	0,0005813	8,941730435
Imp sol	0,0061674	94,87646609
Imp insol	6,5E-07	0,01
H2O	0,5959504	9167,862091
suma de fracciones	1	15383,59835

### 3.2.4 CRISTALIZACION:

Para esta etapa se selecciono un cristizador de circulación con funcionamiento a vacío. Se efectuó el diseño a detalle de este equipo, el cual se desarrollará en el Capítulo Nro 4 “Ingeniería de Detalle”

No obstante, se presenta aquí el balance de masa, el cual contempla necesariamente la participación de la última centrifuga, ya que a partir de esta se recircula el 74% de la solución centrifugada.



F10:reciclo		
temperatura	20	
solub (gst/gsv)	0,34	Caudal Kg/h
fraccion de reciclo (f)	0,7407	3810,951
composicion de caudal		
cristales		222,21
impurezas totales	0,006749	25,72117
solucion agua +KCl	0,993251	3785,23
agua	0,746269	2825
KCl	0,253731	960

F11: salida del cristalizador		
temperatura	20	
solub (gst/gsv)	0,34	
ST	0,5	Caudal Kg/h
composicion de caudal		
cristales	0,526316	6000
impurezas totales	0,006749	76,94178
solucion agua+KCl	0,49325072	5623,05822
agua	0,746	4196,3121
KCl	0,254	1426,74612

F12: evaporacion de solvente en cristalizador	
caudal (Kg/h)	7710
tasa de evaporacion	0,64
verificacion	7710

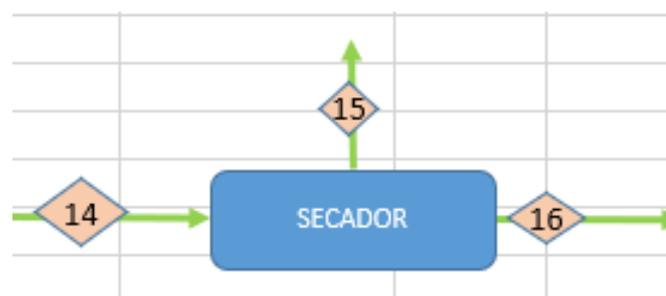
F13: purga (centrifuga)		
temperatura	20	
solub (gst/gsv)	0,34	Caudal Kg/h
fraccion de reciclo(1-f)	0,2593	1334,115803
composicion de caudal		
cristales		77,79
impurezas totales	0,006749	9,004319707
solucion agua +KCl	0,993251	1325,111483
agua	0,746269	988,8891667
KCl	0,253731	250,9121766

F14: salida principal de la centrifuga		
temperatura	20	
		Caudal Kg/h
composicion de caudal		6254,93327
cristales	0,910682	5700
impurezas totales	0,006749	38,47089
agua	0,0826	516,46238

### 3.2.5 SECADO:

Para esta etapa se seleccionó un secador rotatorio con flujo paralelo. Este equipo se diseñó a detalle y su funcionamiento se encuentra explicado en el capítulo Nro 4 “Ingeniería de detalle”

Se presenta a continuación el balance de masa:



F16: salida del secador			F15: agua removida en el secador	
temperatura	60		caudal (Kg/h)	502
Caudal Kg/h		5752,817067	composicion de caudal	
composicion de caudal			agua	1
crisales	0,990819	5700		
impurezas totales	0,006687	38,47089002		
agua	0,0025	14,38204267		

### 3.2.6 ENVASADO:

El producto saliente del secado es enfriado en una cinta transportadora conectada a una envasadora para luego ser despachado.

### 3.2.7 Tanques y piletas de almacenamiento:

Los tanques se encuentran contruidos de hormigón con sus correspondientes capas aislantes.

Los mismos cuentan con una autonomía de 3 días de retención de sustancias.

Las piletas, tanto de Silvinita (materia prima) y de contención de barros (provenientes de la etapa de filtración y centrifugación primaria) también cuentan con una aislación para evitar filtraciones.

#### Detalle de tanques y piletas:

	caudal (kg/h)	densidad aprox Kg/m3	volumen m3/h	tiempo de autonomia (h)	volumen (m3)	tipo	dimensiones (m)		
TK-101	52800	1050	50	168	8448	pileta	100	45	2
TK-103	47422	1050	45	72	3252	cilindrico	11	9	
TK-105	47071	1000	47	72	3389	cilindrico	9	13	
TK-201	25188	800	31	72	2267	cilindrico	10	8	
TK-301	15388	800	19	72	1385	cilindrico	9	5	
TK-301B	15388	800	19	72	1385	cilindrico	9	5	
TK-303	5150	800	6	72	464	cilindrico	5	6	
TK-102 deposito de barros	5730	800	7	72	516	pileta	22	8	3
TK-302 deposito de NaCl	9800	1100	9	72	641	cilindrico	6	5	
TK-304 deposito de exudados	1350	800	2	72	122	cilindrico	3	4	

*Para los tanques primero se referencia el radio y luego la altura.*

*Para las piletas largo x ancho x profundidad*

## Capítulo N° 4:

Ingeniería de Detalle:

Dimensionamiento de  
equipos principales y diseño  
de detalles

#### 4.1 Diseño del cristalizador CR-301

La estrategia para el diseño de cristalizadores comprende el establecimiento de las relaciones de equilibrio, la forma de operar del cristalizador (el método para generar la sobresaturación) y el tipo de cristalizador que se va a emplear.

Una vez obtenido el diseño conceptual del cristalizador, el problema de diseño restante consiste en determinar el diseño funcional que permita satisfacer los requerimientos de tamaño de cristal mediante el estudio cinético del sistema.

Se selecciono para este proceso un cristalizador de vacío con circulación forzada.

Los cristalizadores de vacío que utilizan el enfriamiento por evaporación adiabática para generar la sobresaturación. En su forma original y más sencilla, un cristalizador de este tipo es un recipiente cerrado en el que se mantiene el vacío por medio de un condensador, por lo general con la ayuda de una bomba de vacío tipo eyector de vapor, o acelerador. Una solución saturada caliente a una temperatura superior al punto de ebullición a la presión del cristalizador se alimenta en el tanque. Se mantiene un volumen de magma controlando el nivel del líquido y del sólido que cristaliza en el tanque, mientras que el espacio situado por encima del magma se utiliza para retirar el vapor y eliminar el arrastre. La solución de alimentación se enfría espontáneamente hasta la temperatura de equilibrio; puesto que tanto la entalpía de enfriamiento como la de cristalización aparecen como calor latente de vaporización, se evapora una parte del solvente. La sobresaturación generada por enfriamiento y evaporación da lugar a nucleación y crecimiento. El magma producido se retira del fondo del cristalizador.

#### 4.2 Ecuaciones y diseño:

De acuerdo con la figura de abajo (fig. 1) en un proceso de cristalización el rendimiento está dado por:

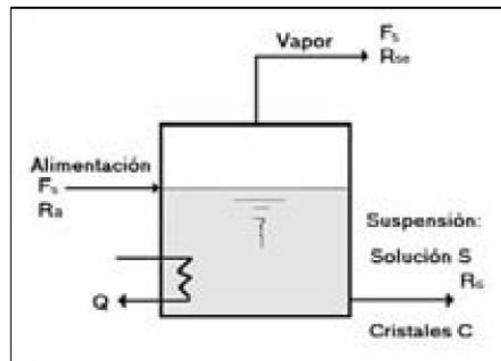


Figura 1: Esquema general de un cristalizador continuo.

$$\text{Rendimiento} = \frac{F_s R_a - S R_c}{F_s R_a}$$

Donde:

Fs: Flujo másico de solvente en la alimentación. [M/t].

Ra: Masa de soluto por masa de solvente en la alimentación. [M/M].

S: Flujo másico de solvente en la suspensión de salida. [M/t].

Rc: Masa de soluto disuelto por masa de solvente en la solución de salida. [M/M].

Rse: Masa de solvente evaporada por masa de solvente alimentada. [M/M].

C: Flujo másico de cristales en la suspensión de salida. [M/t].

#### **4.3 Modos de operación y control del rendimiento:**

El flujo de solvente  $F_s$  y la fracción masa libre de soluto  $R_a$ , generalmente se fijan por las operaciones previas a la cristalización. La fracción masa (libre de soluto) del soluto disuelto  $R_c$ , es la solubilidad del soluto en el solvente a la temperatura de operación. Por lo tanto, el rendimiento de una operación de cristalización puede ser controlado en cierto grado, mediante un control de la temperatura o cambiando el tipo de solvente.

Otra variable que puede ser controlada en una cristalización es el flujo másico de solvente a la salida  $S$ , mediante los diferentes modos de operación de los cristalizadores:

- a) En los sistemas con evaporación,  $S$  disminuye debido a la corriente de vapor producido y el rendimiento se incrementa.
- b) En el modo de enfriamiento adiabático la cantidad de vapor liberada está fijada por los balances de energía.
- c) En los sistemas con evaporación o en los sistemas combinados de enfriamiento adiabático con evaporación, el diseñador puede controlar la presión para fijar la temperatura y por lo tanto  $R_c$ , así como administrar calor externo para controlar  $S$ , de tal manera que ambos efectos contribuyen a incrementar el rendimiento de la operación.
- d) Cuando la cristalización es sólo por enfriamiento, el único control sobre el rendimiento es la temperatura.

La conclusión de la discusión anterior es que, para una  $F_s$  y  $R_a$  dados, y una relación de solubilidad dada, el modo de la cristalización determina la recuperación máxima de soluto alcanzable.

#### 4.4 Balances de masa:

Para sistemas binarios es posible desarrollar expresiones para el rendimiento y las composiciones de las corrientes en función de:

- a) las condiciones de entrada,
- b) la cantidad de solvente evaporado y c) las condiciones dentro del cristalizador.

A continuación, se presenta este procedimiento.

De acuerdo a la Figura 1 el balance de masa total en el sistema está dado por:

$$F_s + F_s R_\alpha = F_s R_{se} + S + C + S R_c$$

Ecuación. 1

El balance de soluto está dado por:

$$F_s R_\alpha = C + S R_c$$

Ecuación 2

y el balance de solvente por:

$$F_s = F_s R_{se} + S$$

ecuación 3

Combinando las ecuaciones 1,2 y 3 se obtiene la ecuación para el flujo de salida de solvente:

$$S = \frac{F_s(1 - R_{se}) + F_s(1 - R_{se})R_c}{1 + R_c}$$

Ecuación 4

Combinando las ecuaciones 2 y 3 se genera una ecuación para el flujo másico de cristales,

$$C = F_s[R_\alpha - (1 - R_{se})R_c]$$

Ecuación 5

El rendimiento dado por la ecuación 1 puede también ser expresado como:

$$\text{Rendimiento} = \frac{C}{F_s R_\alpha}$$

Ecuación 6

sustituyendo la ecuación 5 en la 6:

$$\text{Rendimiento} = \frac{R_\alpha - R_c(1 - R_{se})}{R_\alpha}$$

Ecuación 7

La ecuación 7 permite calcular el rendimiento mediante los datos de diseño  $R_\alpha$ , de equilibrio  $R_c$  y de operación  $R_{se}$ .

La fracción masa de cristales en la suspensión de salida ST es:

$$ST = \frac{C}{F_s + F_s R_a - F_s R_{se}}$$

Ecuación 8

Combinando las ecuaciones 5 y 8 se obtiene:

$$ST = \frac{R_a - (1 - R_{se})R_c}{1 + R_a - R_{se}}$$

Ecuación 9

#### **4. 4.1 Balances de masa y modos de operación:**

Las ecuaciones 7 y 9 se simplifican para los modos de operación particulares que se describen a continuación:

Cristalización por enfriamiento indirecto: En este caso no existe evaporación de solvente por lo que:

$$R_{se} = 0$$

y las ecuaciones 7 y 9 se expresan como:

$$\text{Rendimiento} = \frac{R_a - R_c}{R_a}$$

Ecuación 10

$$ST = \frac{R_a - R_c}{1 + R_a}$$

Ecuación 11

Cristalización sólo por evaporación: En este caso la fracción masa de soluto en la alimentación es igual a la fracción masa en la solución de salida,

$$R_a = R_c$$

y las ecuaciones 7 y 9 se expresan como:

$$\text{Rendimiento} = R_{se}$$

ecuación 13

$$ST = \frac{R_a R_{se}}{1 + R_a - R_{se}}$$

ecuación 14

Cristalización por evaporación adiabática sin reflujo: En este caso a diferencia de los dos casos anteriores, además de los balances de masa se requiere efectuar un balance de energía para determinar la cantidad de solvente evaporado en el cristizador.

#### 4.4.2 Balance de energía:

Este balance puede ser expresado en palabras como:

[La velocidad de salida de calor por evaporación del solvente] = [El calor liberado por la cristalización de enfriamiento] + [Entrada convectiva de calor] + [Calor liberado por cristalización por "salting out"]

La ecuación de balance de energía es la siguiente:

Ecuación

15

$$F_s R_{se} \lambda_v = F_s (R_a - R_c) \lambda_f + F_s (1 + R_a) C_p \Delta T + F_s R_c R_{se} \lambda_f$$

donde:

$\Delta T$ : Temperatura de alimentación menos temperatura del cristalizador. [°].

$C_p$ : Capacidad calorífica de la alimentación. [cal/M - °].

$\lambda_v$ : Calor de evaporación del solvente. [cal/M].

$\lambda_f$ : Calor de cristalización del soluto. [cal/M].

Con base a lo anterior las ecuaciones de diseño para cristalización con enfriamiento adiabático son:

$$R_{se} = \frac{\lambda_f (R_a - R_c) + C_p \Delta T (1 + R_a)}{\lambda_v - \lambda_f R_c}$$

Ecuación 16

$$\text{Rendimiento} = \frac{R_a - (1 - R_{se}) R_c}{R_a}$$

Ecuación 17

$$ST = \frac{R_a - (1 - R_{se}) R_c}{1 + R_c - R_{se}}$$

Ecuación 18

Las ecuaciones anteriores pueden ser resueltas si se conoce la concentración de soluto disuelto en la suspensión de salida  $R_c$ . Generalmente es aceptable suponer que esta concentración corresponde a la de saturación. Los sistemas en los cuales esto ocurre se llaman sistema tipo II o de rápido crecimiento, en oposición a los sistemas tipo I donde la concentración de salida  $R_c$  es mayor que la de saturación debido al lento crecimiento en estos sistemas. En el diseño de un cristalizador es necesario combinar las expresiones de la cinética de la cristalización con los balances de masa y energía. El uso de la cinética de la cristalización para el análisis y diseño provee una nueva dimensión a las técnicas de diseño disponible.

Para llevar a cabo el diseño de nuestro equipo se realizó el planteo de un problema típico cuyos resultados obtenidos debían coincidir con la cantidad de sal KCl obtenida para la etapa de cristalización. Dado que nuestro sistema contiene una etapa de reciclo (a fines de favorecer la cristalización) se debió considerar la etapa de centrifugación posterior a la cristalización.

Para efectuar el análisis se utilizaron las ecuaciones descriptas anteriormente.

#### **4. 4.3 Planteo: Memorias de cálculo:**

*Diseño de un cristalizador para producir 5700 kg/h de cristales de KCl. Los criterios de diseño son los siguientes:*

- a) 75% de la masa de los cristales debe tener un tamaño mayor a 100  $\mu\text{m}$ .
- b) La fracción de masa de cristales ST a la salida debe ser de 0.5.
- c) El rendimiento debe ser mayor a 0.8.

Los datos y condiciones de operación se presentan en la Tabla 1 y los datos de equilibrio se presentan en la Tabla 2

Tabla 1:

Tabla 1	
Composición alimentación	<b>0,66</b> g sol / g solv.
Temperatura alimentación	<b>40</b> °C
Calor específico suspensión y solución	<b>0,717</b> cal g <sup>-1</sup> grad <sup>-1</sup>
Calor de evaporación del solvente	<b>100</b> cal g <sup>-1</sup>
Calor de cristalización	<b>44,32</b> cal g <sup>-1</sup>
Gravedad específica de los cristales	<b>1,988</b>
Gravedad específica del líquido	<b>0,84</b>
Factor volumétrico del cristal	<b>1</b>

Tabla 2

Tabla 2			
Presión mm Hg	T Cristalizador	°C	R <sub>c</sub> masa soluto/masa solvente
<b>55,4</b>	<b>40</b>		<b>0,400</b>
<b>31,9</b>	<b>30</b>		<b>0,370</b>
<b>23,8</b>	<b>25</b>		<b>0,357</b>
<b>17,6</b>	<b>20</b>		<b>0,340</b>
<b>9,2</b>	<b>10</b>		<b>0,276</b>

#### 4.4.4 Balances de masa y energía:

##### a) Balances de masa y energía.

Los datos de equilibrio de la Tabla 2 sugieren una alta sensibilidad de la solubilidad a la temperatura, de tal manera que es factible la cristalización por enfriamiento.

Considerando un sistema de cristalización tipo II y dos modos de cristalización: enfriamiento indirecto y enfriamiento adiabático,

Ecuaciones para enfriamiento indirecto

$$\text{Rend} = \frac{R_a - R_c}{R_a}$$

$$\text{ST} = \frac{R_a - R_c}{1 + R_a}$$

Ecuaciones para enfriamiento adiabático

SIN Q adicional

Q=0 cal/h

$$R_{se} = \frac{\lambda_f (R_a - R_c) + C_p \Delta T (1 + R_a)}{\lambda_v - \lambda_f R_c}$$

$$\text{Rend} = \frac{R_a - (1 - R_{se}) R_c}{R_a}$$

$$\text{ST} = \frac{R_a - (1 - R_{se}) R_c}{1 + R_a - R_{se}}$$

T °C	Enfriamiento indirecto		Enfriamiento adiabático		
	Rend.	ST	Rend.	ST	R <sub>se</sub>
40	0,39	0,16	0,48	0,21	0,14
30	0,44	0,17	0,61	0,29	0,30
25	0,46	0,18	0,66	0,34	0,37
20	0,48	0,19	0,72	0,39	0,45
10	0,58	0,23	0,83	0,52	0,60

El modo de cristalización por enfriamiento indirecto, no permite cumplir con la especificación de diseño que establece una fracción masa de cristales ST = 0,50 aún cuando se alcanza el rendimiento deseado

Por lo tanto, se selecciona el modo de operación adiabático con adición de calor externo para producir una solución más concentrada.

**a) Balances de masa y energía.**

Los datos de equilibrio de la Tabla 2 sugieren una alta sensibilidad de la solubilidad a la temperatura, de tal manera que es factible la cristalización por enfriamiento.

Considerando un sistema de cristalización tipo II y dos modos de cristalización: enfriamiento indirecto y enfriamiento adiabático,

Ecuaciones para enfriamiento indirecto

$$\text{Rend} = \frac{R_a - R_c}{R_a}$$

$$\text{ST} = \frac{R_a - R_c}{1 + R_a}$$

Ecuaciones para enfriamiento adiabático

SIN Q adicional

Q=0 cal/h

$$R_{se} = \frac{\lambda_f(R_a - R_c) + C_p \Delta T(1 + R_a)}{\lambda_v - \lambda_f R_c}$$

$$\text{Rend} = \frac{R_a - (1 - R_{se})R_c}{R_a}$$

$$\text{ST} = \frac{R_a - (1 - R_{se})R_c}{1 + R_a - R_{se}}$$

T °C	Enfriamiento indirecto		Enfriamiento adiabático		
	Rend.	ST	Rend.	ST	$R_{se}$
40	0,39	0,16	0,48	0,21	0,14
30	0,44	0,17	0,61	0,29	0,30
25	0,46	0,18	0,66	0,34	0,37
20	0,48	0,19	0,72	0,39	0,45
10	0,58	0,23	0,83	0,52	0,60

El modo de cristalización por enfriamiento indirecto, no permite cumplir con la especificación de diseño que establece una fracción masa de cristales  $\text{ST} = 0,50$  aún cuando se alcanza el rendimiento deseado

Por lo tanto, se selecciona el modo de operación adiabático con adición de calor externo para producir una solución más concentrada.

Considerando la conveniencia de una temperatura de operación intermedia que permita operar el condensador sin el uso de un agente condensante refrigerado, se sugiere emplear una temperatura de operación de 20 °C, en un cristalizador con calentamiento externo. La presión de operación será entonces de 17,55 mm de Hg (Tabla 2) Con  $R_c = 0,34$

Una vez tomada la decisión anterior se puede calcular  $R_{se}$  despejándola de la ecuación general. 
$$ST = \frac{R_a - (1 - R_{se})R_c}{1 + R_a - R_{se}}$$

sustituyendo valores se obtiene:  $R_{se} = 0,61$

Este resultado indica que es necesario remover el 61 % del solvente que entra para cumplir con  $ST = 0,5$

El balance de masa de acuerdo a la Figura puede desarrollarse de la siguiente manera:

En la corriente de salida:

$$0,5 \frac{\text{masa de cristales}}{\text{masa total}}$$



$$0,5 = \frac{6000}{(S+S \cdot R_c) + 6000}$$

$$\text{Si } R_c = 0,34$$

$$\text{Entonces } S = 4478 \text{ kg de solvente h}^{-1}$$

El balance global de soluto es:

$$F_s \cdot R_a = C + S \cdot R_c$$

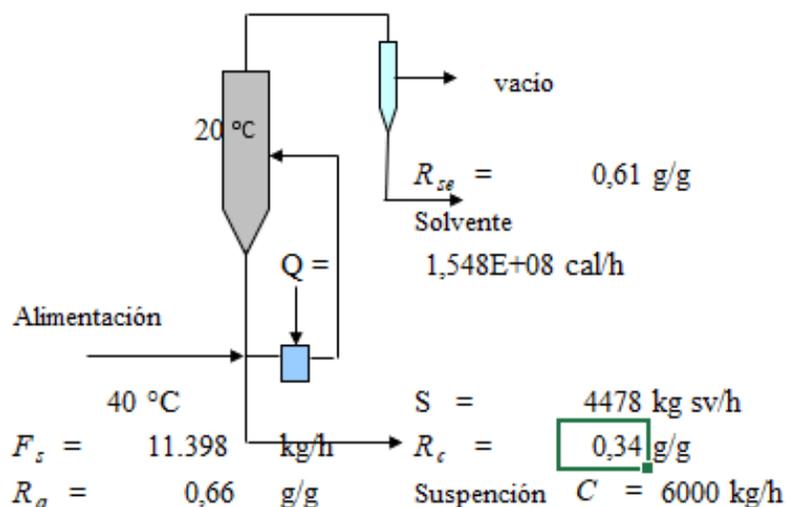
$$\text{De tal manera que: } F_s = 11.398 \text{ kg h}^{-1}$$

$$\text{Por lo tanto el rendimiento es: Rend.} = 0,80$$

El balance de energia permite calcular el calor adicional necesario

$$Q = 1,55E+08 \text{ cal h}^{-1}$$

$$1,548E+05 \text{ kcal/h}$$



#### 4.4.5 Caso con reciclo:

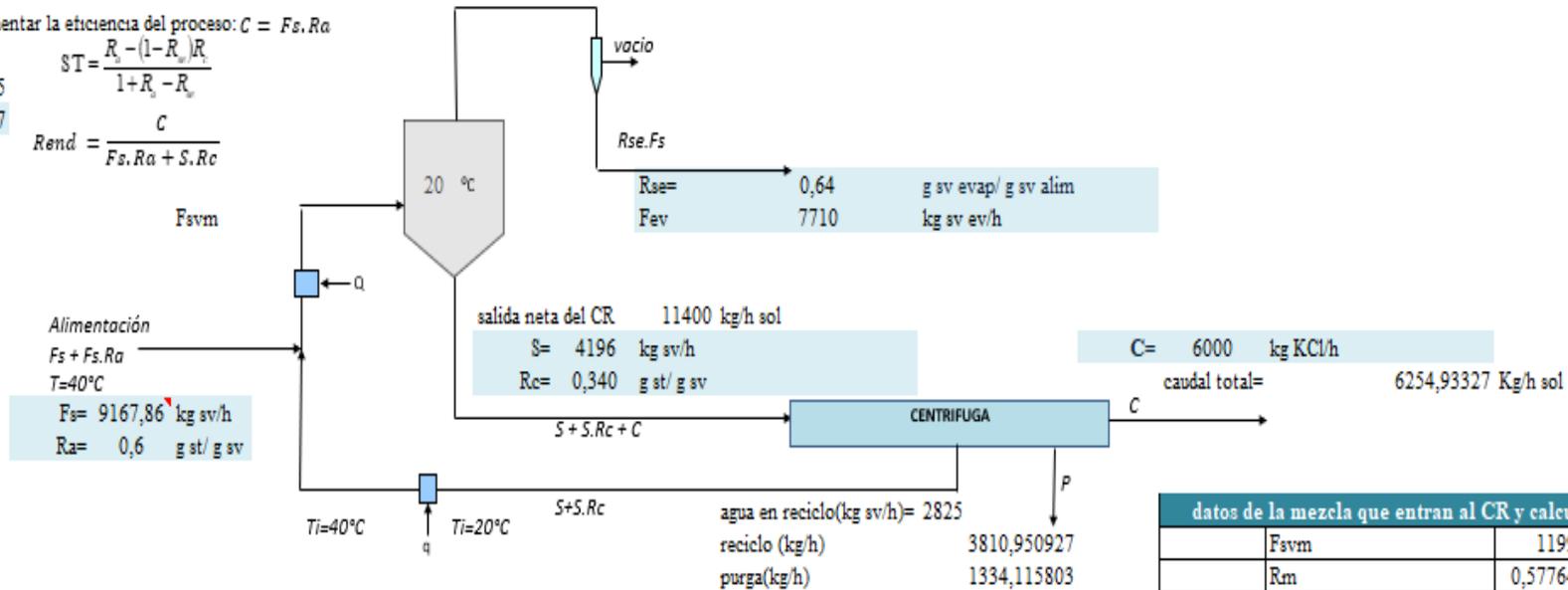
**RECICLO** se puede observar que para producir la misma cantidad de sal necesitamos menos solvente a la entrada del sistema. (ver en "diagrama de flujo")

Recirculo para aumentar la eficiencia del proceso:  $C = F_s \cdot R_a$

$$ST = \frac{R_c - (1 - R_c)R_c}{1 + R_c - R_c}$$

$$Rend = \frac{C}{F_s \cdot R_a + S \cdot R_c}$$

ST= 0,5  
Rend= 0,87



crystalizador continuo para producir  $6000 \text{ kg h}^{-1}$  de un compuesto. Los criterios de diseño son los siguientes:

- \* 75 % de la masa de los cristales debe tener un tamaño mayor a  $100 \mu\text{m}$ .
- \* La fracción masa de cristales ST a la salida debe ser 0,5
- \* El rendimiento debe ser mayor 0,8

Los datos y condiciones de operación se presentan en la Tabla 1 y los datos de equilibrio en la Tabla 2

datos de la mezcla que entran al CR y calculo de Q		
Fsvm	11993	Kgsv
Rm	0,577642	gst/gsv
calor de cristalización	307025,2	Kcal/h
calor por dif de temperatura	271314,6	Kcal/h
calor por salting out	116173,9	Kcal/h
Calor por evap de sv	770956,7	Kcal/h
Q	76443,06	Kcal/h
calculo de la temperatura de entrada		
DT	5,635013	C
Tentrada	45,63501	C



#### 4.5 Estudio cinético:

Basados en estudios bibliográficos de un cristizador RPMSM, manteniendo constante  $M_T$  en se encontro la expresión cinética siguiente:

$$1,83249 \text{ g cm}^{-3}$$

$$B^0 = 12.540 \quad (G) \quad [=] \quad \frac{\text{num}}{\text{cm}^3 \text{ min}} \quad \text{3,085}$$

donde G está en unidades de  $\mu\text{m min}^{-1}$  y  $k_N$  en  $\frac{\text{mm}}{\text{cm}^3 \cdot \text{min}}$

#### b) Estudio Cinético

El tamaño de cristal varía con tiempo de residencia y con el sistema de remoción de gruesos y finos.

Para explorar la influencia del tiempo de residencia en el tamaño de cristal deseado, que de acuerdo al criterio de diseño al menos el 75 % de la masa de cristales debe tener un tamaño mayor a 100  $\mu\text{m}$ .

La siguiente ecuación nos puede realacionar  $\tau$  con  $G$ :

$$G = \left( \frac{M_T}{6 \phi_T \rho_C k_N \tau^4} \right)^{1/(i+3)}$$

De acuerdo a los balance de masa, la masa de cristales por unidad de volumen de solvente en la suspensión está dada por:

$$M_T = \frac{C}{(F_S - F_S R_x) \rho_s} = 1,83 \text{ g cm}^{-3}$$

La fracción masa de cristales menores a 100  $\mu\text{m}$  está dada por:

$$\text{Fracc. masa} = 1 - \left( 1 + X + \frac{1}{2}X^2 + \frac{1}{6}X^3 \right) e^{-X}$$

Tabla 12.3: Momentos de un cristizador RPMSM ( $X = l/G\tau$ ).

Momento	Significado	Total	Fracción
0	número de cristales	$n^0 G \tau$	$1 - e^{-X}$
1	longitud de los cristales	$n^1 (G \tau)^2$	$1 - (1 + X) e^{-X}$
2	área de los cristales	$2 \phi_A n^2 (G \tau)^3$	$1 - (1 + X + \frac{1}{2} X^2) e^{-X}$
3	masa de los cristales	$6 \phi_V \rho_C n^3 (G \tau)^4$	$1 - (1 + X + \frac{1}{2} X^2 + \frac{1}{6} X^3) e^{-X}$

Efecto del tiempo de residencia sobre la fracción masa de cristales menores a  
 Tamaño del cristal predominante  $L_o$

100  $\mu\text{m}$ .

$\tau$ min	$G$ $\mu\text{m min}^{-1}$	$X$ adim	Fracción masa < 100 $\mu\text{m}$	$L_o$ $\mu\text{m}$
20	2,040	2,45	0,23	122
30	1,563	2,13	0,17	141
40	1,293	1,93	0,13	155
50	1,117	1,79	0,11	168
60	0,991	1,68	0,09	178

Se selecciona el tiempo de residencia de **60** min para continuar el diseño.

Se cumple con el requisito y se asegura un gran tamaño de cristal predominante

#### 4.5.1 Dimensionamiento:

##### c) Dimensionamiento.

La masa de cristales en el interior del cristizador se puede obtener a partir del flujo y el tiempo de residencia en el cristizador, de tal manera que:

$$\text{Masa de cristales} = 6.000,00 \text{ kg}$$

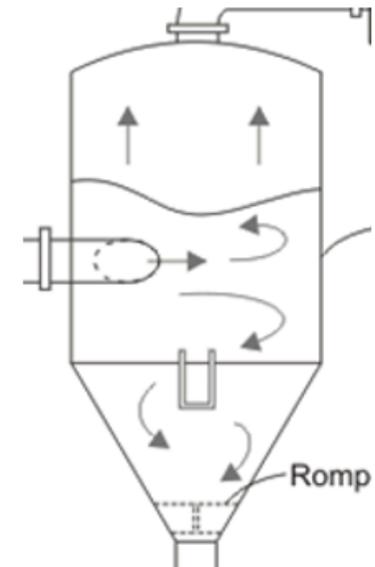
La masa de la suspensión en el interior del cristizador es:

$$\text{Masa de suspensión} = 12.000,0 \text{ kg}$$

$$\text{El volumen de la suspensión es} = 10.161 \text{ dm}^3$$

$$\text{Productividad} = 0,590 \text{ kg dm}^{-3} \text{ h}^{-1}$$

El área de la sección transversal del cristizador deberá considerar el tamaño de corte de finos que se desea separar. en este caso el porcentaje de finos es muy bajo, no se requerira de trampa para separar los mismos



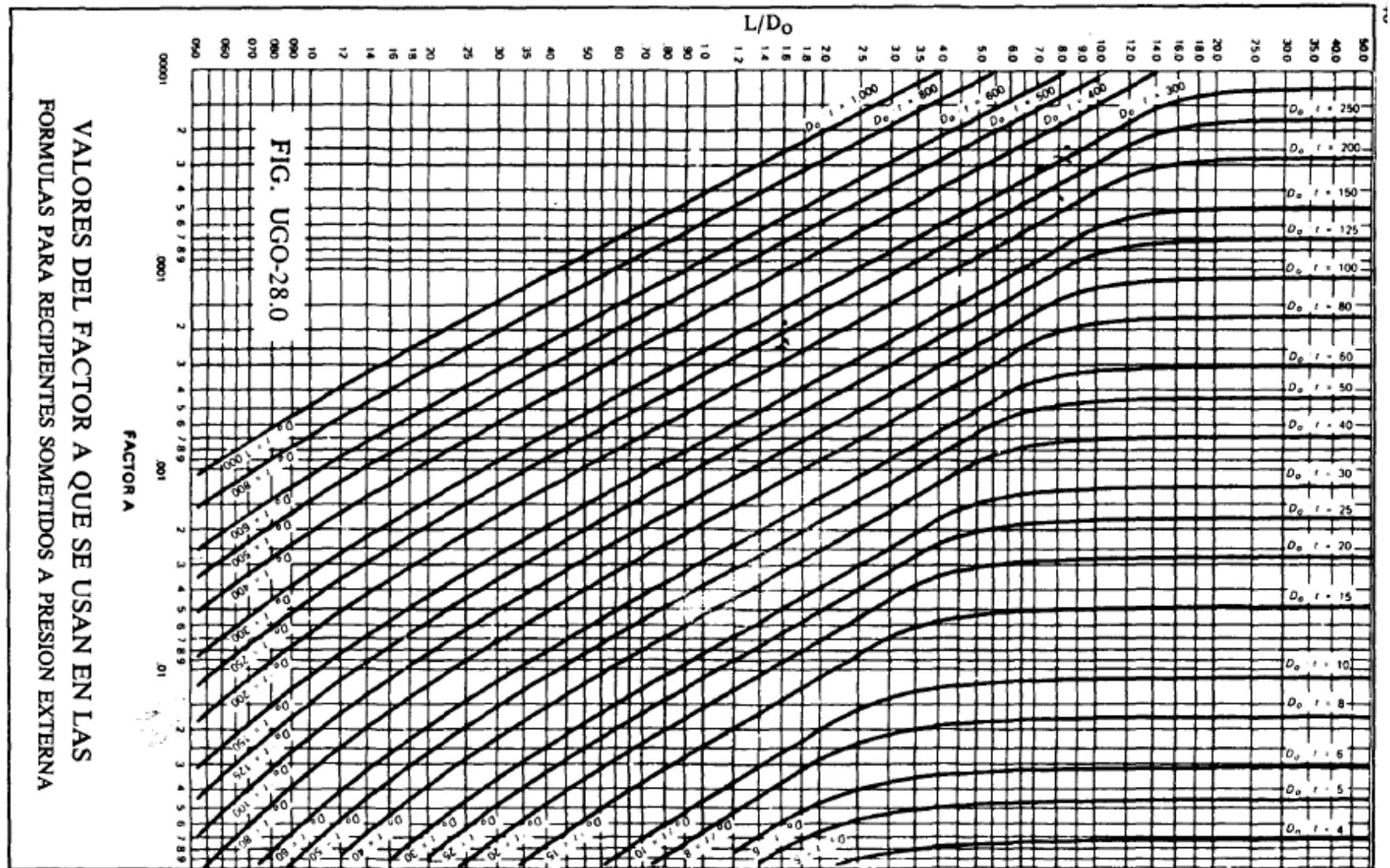
#### 4.5.2 Diseño mecánico:

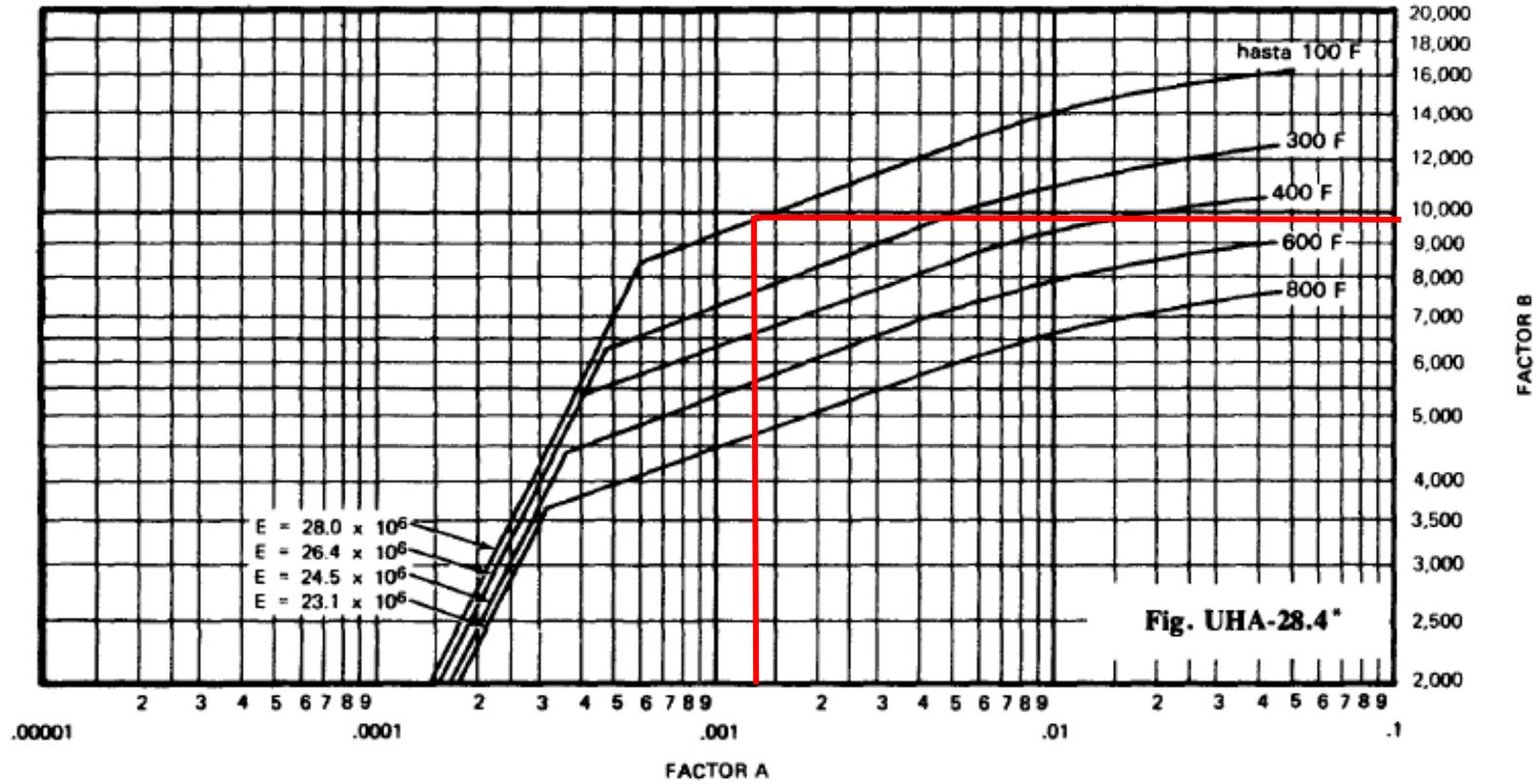
diámetro de las conexiones								
descarga								
caudal suspensión en la descarga	Q	0,0028	m <sup>3</sup> /s	calculado				
velocidad en la descarga	vdescarga	0,30	m/s	bibliografía				
area de caudal de descarga	Ad=Q/velocidad	0,01	m <sup>2</sup>					
<b>diámetro de descarga</b>	<b>d</b>	<b>0,11</b>	<b>m</b>	<b>calculado</b>	4,31	pulg	<b>5 pulg Sch40</b>	(12,81cm diametro interior)
caudal de alimentación al equipo		0,01	m <sup>3</sup> /s	calculado				
velocidad en la alimentación		1,20	m/s	bibliografía				
Area de caudal de entrada	A=Q/velocidad	0,01	m <sup>2</sup>	calculado				
<b>diámetro de la conexión de alimentación</b>	<b>Dalimentacion</b>	<b>0,08</b>	<b>m</b>	<b>calculado</b>	3,23	pulg	<b>3 1/2 pulg Sch40</b>	(9,012 cm diametro interior)
volumen específico del vapor	Ve	0,87	kg/m <sup>3</sup>	tabla				
caudal de vapor	V	1,86	m <sup>3</sup> /s	calculado				
Area de caudal de vapor	A=Q/velocidad	0,06	m <sup>2</sup>	calculado				
velocidad de vapor	vvapor	30,00	m/s	tabla				
<b>diámetro conexión de vapor</b>	<b>Dvapor</b>	<b>0,28</b>	<b>m</b>	<b>calculado</b>	11,07	pulg	<b>12 pulg Sch40</b>	(30,32 cm diametro interior)
recalculo de velocidad en la descarga	v=Q/A	0,219	m/s	recalculado				
recalculo de velocidad en la alimentación	v=Q/A	0,995	m/s	recalculado				
recalculo de velocidad de vapor	v=Q/A	25,805	m/s	recalculado				

ecuacion				dato	
Volumen de retencion			10,16	m <sup>3</sup>	calculado
sobredimensionamiento 25%			2,54	m <sup>3</sup>	bibliografía
volumen total			12,70	m <sup>3</sup>	calculado
angulo respecto a la horizontal	$\theta$		64,00	grados	bibliografía
angulo complementario a $\theta$	$\mu$		26,00	grados	calculado
Vcilindro	$V = \pi R^2 H$		9,29	m <sup>3</sup>	calculado
V del tronco de un cono	$Volumen = \frac{h \cdot \pi}{3} (R^2 + r^2 + R \cdot r)$		3,41	m <sup>3</sup>	calculado
R mayor (cilindro=Tdel cono)	R		1,57	m	iterado
r menor	r		0,05	m	bibliografía
Hcilindro	H		1,20	m	iterado
h tronco del cono	$h=R-r/\tan \mu$		1,28	m	calculado
suma Vcil+Vt			12,70	m <sup>3</sup>	calculado

resumen					
Diametro del equipo	D		3,13 m	calculado	313,27 cm
altura del cilindro	H		1,20 m	calculado	47,44 pulg
altura Tde cono	h		1,28 m	calculado	50,49 pulg
diametro menor del equipo (descarga)	d		0,11 m	calculado	10,94 cm
altura del equipo	Htotal		2,49 m	calculado	248,73 cm
calculo de espesores			acero 316L	sugerido por fabricante	
considerando presion interna (espesor para prueba hidraulica)					
presion hidrostatica	Ph= densidad*g*h		3,75 lb/pulg2	calculado	
presion de diseno	Pd		4,50 lb/pulg2	bibliografia	
Diametro en pulgadas	2r		123,33 pulg		
tension max admisible	S		17500,00 lb/pulg2	tabla	
eficiencia de la junta en la soldadura	E		0,85	tabla	
Espesor min parte cilindrica	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$		0,02 pulg	calculado	0,47 mm
Espesor min parte conica	$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$		0,03 pulg	calculado	0,73 mm
radio interior del casquete (techo toriesferico)	Ltecho		58,18 pulg	calculado	1477,68 mm
radio interior de las curvaturas (techo toriesferic			3,49 pulg	calculado	88,66 mm
espesor min techo	$t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$		0,02 pulg	calculado	0,40 mm
factor de corrosion sugerido			0,13 pulg	bibliografia	
Espesor parte cilindrica (para P hidrostatica)			0,14 pulg	calculado	3,65 mm
espesor parte parte conica (para P hidrostatica)			0,15 pulg	calculado	3,91 mm
espesor techo toriesferico (para P hidrostatica)			0,14 pulg	calculado	3,57 mm
considerando presion externa 1 atm					
L pulgadas			47,44 pulg		
espesor supuesto parte cilindrica	t supuesto (considerando corrosio		0,50 pulg	calculado	12,7 mm
Diametro exterior D	diametro del equipo + t supuesto		123,83 pulg		
relacion altura/diametro exterior	L/D		0,38		
relacion diametro exterior/t supuesto	D/t supuesto		247,67		
	A		0,0015	grafico UGO-28.0	ver en "graficos espesores"
	B		9800,00	Fig. UHA-25.4 *	ver en "graficos espesores"
formula de Padmisible	$P_n = \frac{4B}{3(D_o/t)}$		52,75865973 lb/pulg2	3,59 atm	
	como Padmisible es mayor a la atmosferica, el espesor considerado es optimo.				

Se llevo a cabo una iteración grafica utilizando las tablas a continuación:





FACTOR B

NOTA: En los casos en que el valor de A caiga a la derecha del extremo de la línea de temperatura, supóngase una intersección con la prolongación horizontal del extremo superior de dicha línea

Fig. UHA-28.4\*

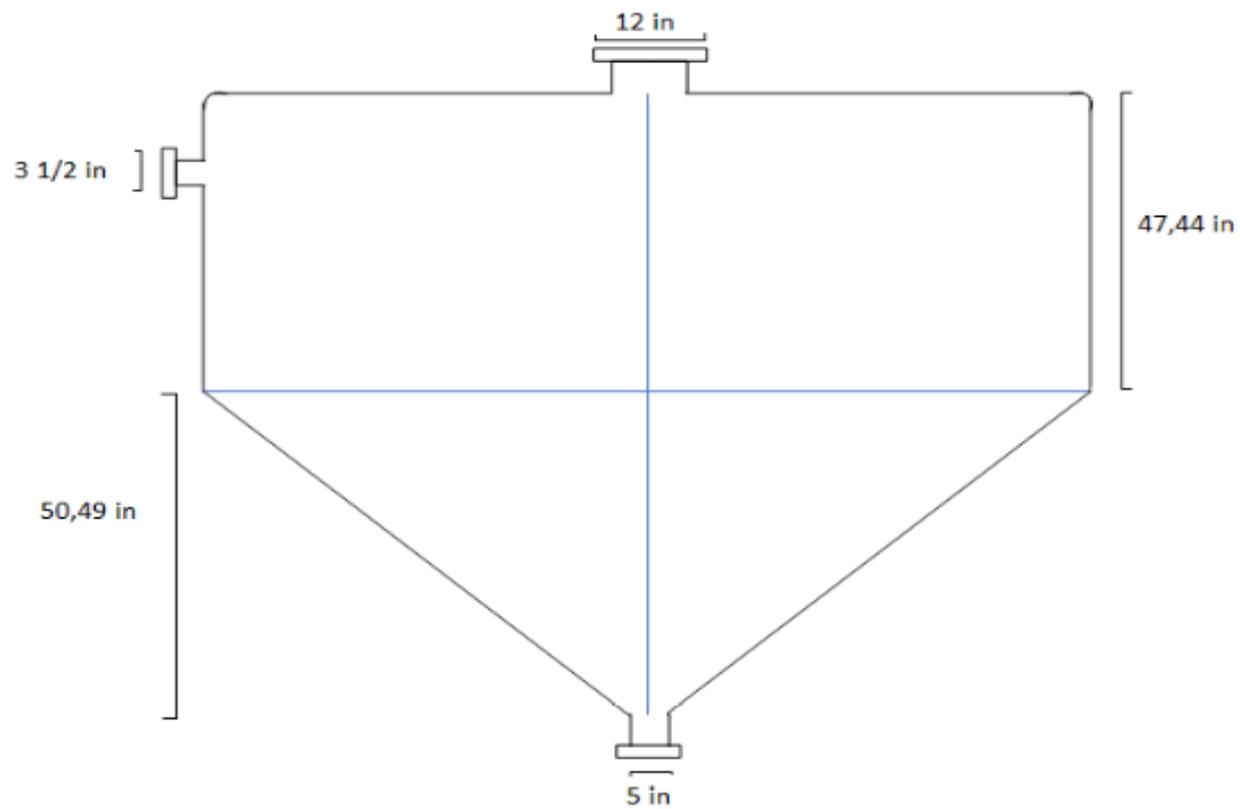
VALORES DEL FACTOR B

QUE SE EMPLEAN EN LAS FORMULAS PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA

\*Los valores de la gráfica son aplicables cuando se fabrique el recipiente con acero austenítico (18Cr-8Ni-Mo-0.03 máx. de carbono, tipo 316L y 317L) (tabla 4 de la página 160)

4.6 Plano – Diseño estructural:

Cristalizador CR-301



 <p>FACULTAD REGIONAL DELTA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL</p>	Fecha: Octubre 2020
	Proyecto/Integrantes : Caballero Ayelen Di Giuseppe Maria Serena
	CONTIENE: Cristalizador
	MATERIALES: Acero Inoxidable 316L
	Plano Nro 2

#### **4.7. Diseño del Secador Rotatorio SE-302:**

##### **4.7.1. Selección y funcionamiento:**

Luego de nuestros procesos de evaporación y cristalización nuestro cloruro de potasio ya sólido, pero con un gran porcentaje de humedad, ingresará a la etapa/proceso de secado. Es aquí, en donde finalmente, obtendremos el cloruro de potasio sólido con una exigente especificación de porcentaje humedad final, en donde finalmente lograremos obtener el KCl en polvo listo para su acondicionamiento y despacho final.

La materia húmeda proveniente del cristalizador con un porcentaje de humedad del 9% es transportada al secador tipo rotatorio de flujo directo, donde se logra deshidratar obteniéndose un producto con una humedad promedio del 0,25%.

El diseño del secador rotativo se basa en la capacidad de cumplir las especificaciones de calidad del producto y brindar seguridad al personal en la operación del equipo, también se da a conocer el procedimiento de diseño detallado. El secador es del tipo directo para obtener una eficiencia térmica mayor, para esto se usará gas licuado de petróleo ya que este combustible no contamina el producto y es más amigable al medio ambiente.

El secador rotatorio consta de un cilindro o coraza, usualmente construida de una plancha de acero, dentro de la cual el material a secar ingresa por un lado y se descarga 'seco' del otro. Gira sobre su propio eje con una pequeña inclinación. El calentamiento se lleva a cabo por contacto directo de gas caliente. Los sólidos granulares húmedos se alimentan por el segmento superior y se desplazan por el cilindro a medida que éste gira.

Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente:

- Habrá transferencia de energía (comúnmente como calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie.
- Habrá transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido.
- La velocidad a la cual el secado es realizado está determinada por la velocidad a la cual los dos procesos, mencionados anteriormente, se llevan a cabo. La transferencia de energía, en forma de calor, de los alrededores hacia el sólido húmedo puede ocurrir como resultado de convección, conducción y/o radiación y en algunos casos se puede presentar una combinación de estos efectos.

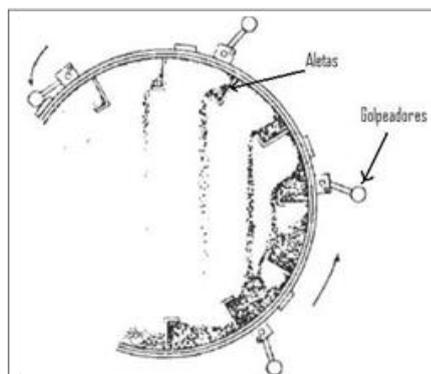
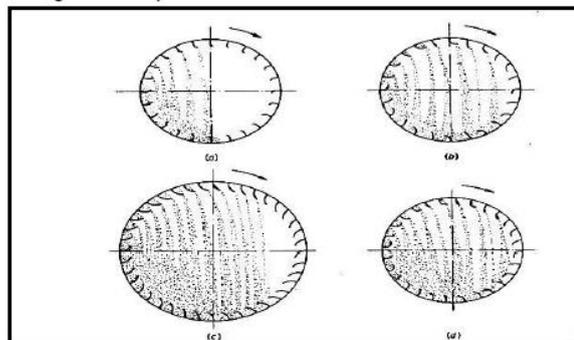
#### 4.7.2 Partes de un secador rotatorio:

Los secadores rotativos industriales se constituyen de 3 partes fundamentales las cuales son, la cámara de secado, el sistema de transmisión de movimiento y el sistema de generación de calor.

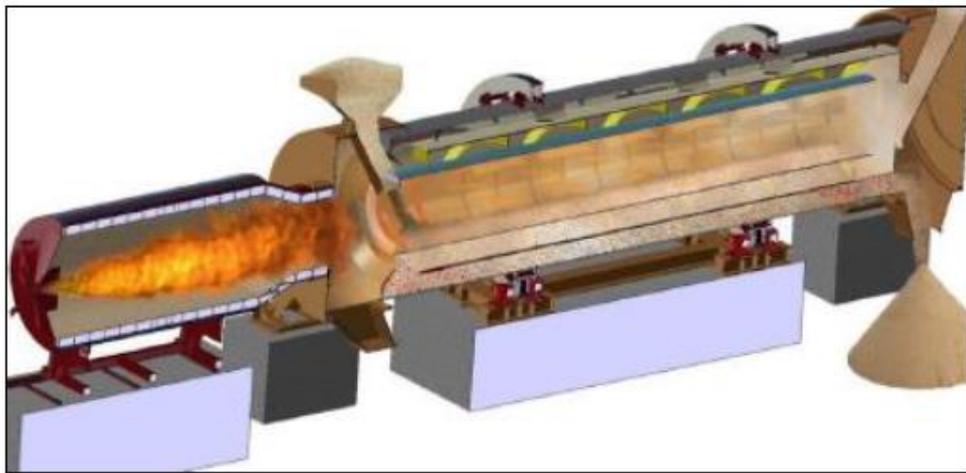
- **Cámara de secado.** Es el componente principal de un horno rotativo, consiste en un cuerpo cilíndrico de acero apoyado sobre rodillos que le facilitan girar libremente por la acción de un motor.



La cámara de secado contiene en su interior unos dispositivos denominados elevadores, estos tienen como función principal generar una caída de material en forma de cortina en el sentido de giro del cilindro rotativo con el fin de conseguir un contacto repetitivo e íntimo con los gases secadores que transitan en su interior.



- Sistema de transmisión de movimiento: Hace referencia al sistema que conecta el motor con la cámara de secado, esto permite que la cámara de secado gire sobre unos rodillos y de esta manera genere el movimiento del material dentro de la misma, mejorando el secado. Existen varios sistemas de transmisión de potencia utilizada en los secadores rotativos como lo son, sistema de transmisión por poleas, por cadena con piñones, directa y por engranes.
- Sistema de generación de calor. Este sistema es el encargado de generar la energía en forma de calor necesaria para el proceso de secado, esto hacer referencia a la temperatura de trabajo del secador; dicha temperatura está condicionada al tipo de material y a las características físicas del mismo.  
Este sistema de generación de calor integra un quemador, el cual tiene como objetivo proveer de calor al horno como se puede observar en la imagen siguiente:



#### **4.7.3 Parámetros a considerar:**

Dentro del secado existen varios parámetros entre los más importantes se destacan:

- Humedad
- Tiempo de residencia
- Velocidad del secado
- Capacidad del secado

- Humedad

Humedad en base húmeda: es la cantidad de agua que tiene el grano en total, o sea, sobre su peso de materia seca más agua.

Humedad en base seca: que es la cantidad de agua que tiene el grano en relación solamente a la cantidad de materia seca.

- Tiempo de Permanencia

Tiempo de Permanencia o de Residencia es la duración total en la que se aplica calor al sólido durante el secado, es un factor de mucha influencia en la eficacia del proceso y la calidad de la mercadería.

El tiempo de residencia depende a su vez de los siguientes factores: tipo de cristal a secar, la temperatura del aire de secado, y por supuesto de la humedad inicial y humedad final a la que se pretende llegar.

- Capacidad del Secado

Capacidad del Secado, es el flujo másico del producto en la secadora. Tiene una importancia fundamental, porque es un parámetro, quizás el más utilizado en el desempeño de las secadoras. Interviene en casi todos los cálculos, en los proyectos y en los costos de secado

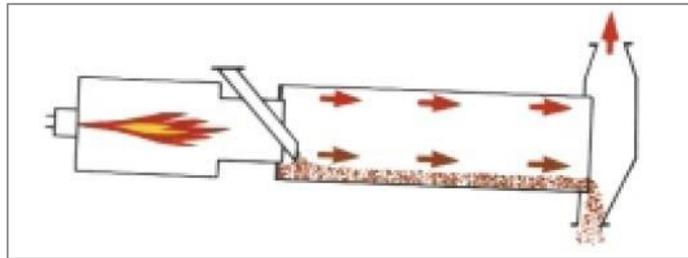
- Velocidad del secado

Velocidad del Secado, el concepto de velocidad de secado es algo diferente al de tiempo de residencia, pero está relacionado. Se entiende por velocidad de secado a los puntos de humedad que se extraen en una unidad de tiempo, generalmente una hora.

#### **4.8 Selección de secador:**

##### **Nuestro secador rotatorio será de flujo paralelo:**

En el Secador Rotatorio Directo el flujo paralelo del material a secar avanza en el mismo sentido al de los gases y se lo utiliza principalmente para minerales, fertilizantes tales como nuestro producto final



✚ La decisión de diseñar para un flujo en paralelo depende de los siguientes factores:

- Sensibilidad al calor por parte del producto.
- Contribución al efecto de arrastre de la velocidad de flujo.
- Bajo contenido de humedad de los polvos de sólido.

✚ Los factores más importantes a tener en cuenta en el diseño de un secador rotatorio son:

- Contar con datos de plantas ya existentes o pruebas piloto.
- Propiedades del aire o gas en la entrada del secador.
- Propiedades del producto en la entrada y salida del secador
- Tiempo de retención del producto.
- Capacidad para cumplir con las especificaciones del producto final.
- Capacidad para manejar materiales.
- La seguridad de equipos y de personal.

#### **4. 8.1 Cálculos preliminares de diseño:**

##### Cálculo de la humedad en base seca

Se conoce la humedad en base húmeda en la entrada y salida del secador, pero en los cálculos la base seca es mucha más práctica y es la más usada.

La humedad en base seca  $H_{bs}$  se puede hallar aplicando la ecuación:

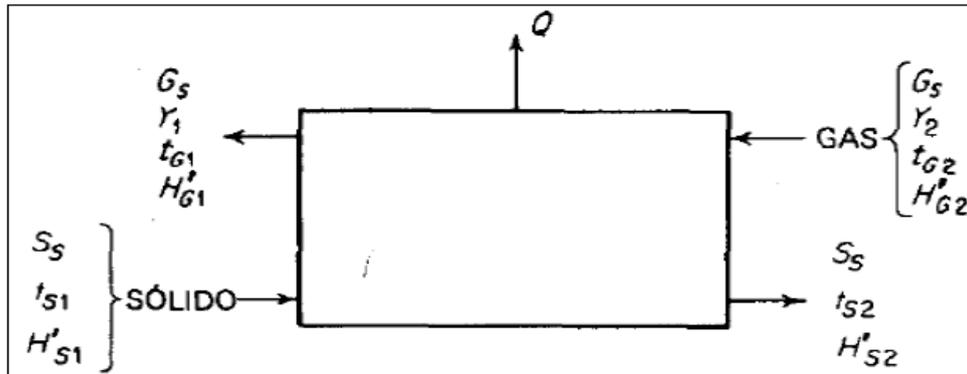
$$H_{bs} = \frac{m_w}{m_s} :$$

#### **4. 8. 2 Balance de energía:**

Se realiza un balance de energía cuyo volumen de control es la coraza cilíndrica fija del secador. El calor que pierde el aire dentro del secador es usado para:

- Evaporar el agua contenida en el producto
- Calentar el vapor de agua
- Elevar la temperatura del producto
- Pérdidas por radiación y convección.

Imagen 14. Proceso termodinámico del secador



Fuente: TREYBAL, Robert. Operaciones de transferencia de masa, 2da edición [Citado 22 de octubre del 2018].

El balance de materia<sup>20</sup> correspondiente al secador está definido por;

$$\begin{aligned} S_s X_1 + G_s Y_2 &= S_s X_2 + G_s Y_1 \\ S_s (X_1 - X_2) &= G_s (Y_1 - Y_2) \end{aligned}$$

Donde;

$G_s$  = Rapidez de la corriente de aire seco (masa/tiempo)  
 $Y$  = humedad aire (masa húmeda / masa de aire seco)

Para las operaciones de secado es necesario realizar un balance global de energía, el cual se reduce a un balance entálpico del cual se determina por medio de la siguiente ecuación;

$$S_s H_{s1} + G_s H_{g2} = S_s H_{s2} + G_s H_{g1} + Q$$

Donde;

$H_s$  = Entalpía de la materia prima  
 $H_g$  = Entalpía del aire  
 $Q$  = Pérdidas de energía en forma de calor

El balance de materia con respecto a la humedad,

$$GH_2 + L_S X_1 = GH_1 + L_S X_2 \quad (9.10-23)$$

Se selecciona un valor básico de  $T_0$  °C para el balance de calor. Una temperatura conveniente es 0 °C (32 °F). La entalpía del sólido húmedo está constituida por la entalpía del sólido seco más la del líquido como humedad libre. En general, se suele despreciar el calor de humidificación. La entalpía del gas  $H'_G$  en kJ/kg de aire seco es

$$H'_G = c_S(T_G - T_0) + H\lambda_0 \quad (9.10-24)$$

donde  $\lambda_0$  es el calor latente del agua a  $T_0$  °C, 2501 kJ/kg (1075.4 btu/lb<sub>m</sub>) a 0 °C, y  $c_S$  es el calor húmedo, que se expresa en kJ/kg de aire seco · K.

$$c_S = 1.005 + 188H \quad (9.3-6)$$

$\Delta_H =$  Calor integral de humidificación es despreciable debido a la falta de información mas adecuada<sup>22</sup>

$$\Delta_H = 0$$

$T_S =$  Temperatura de la arena a la entrada

$T_{S2} =$  Temperatura de la arena a la salida

$T_0 =$  Temperatura de referencia, para este caso se utiliza un valor de 0 C, de forma que las entalpias del sólido y gas sean uniformes

- ✓ Pérdidas de energía<sup>22</sup>, se asumen pérdidas del 15 % del calor del aire a la entrada del secador

$$Q = 0,15 * H_{g2} * G_s$$

### **4.8. 3 Dimensionamiento del secador:**

#### Cálculo del diámetro del secador

*La máxima velocidad másica de gas permisible es usualmente el valor en cual ocurre el arrastre de partículas. En base a las temperaturas del gas de entrada y salida, el flujo volumétrico de gas puede ser obtenido a través de los balances de masa y de calor.*

*Entonces, si se asume que el área transversal de flujo disponible para el gas es 85% del área total, el diámetro del secador puede ser calculado por la ecuación:*

$$D_{\text{secador}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{0,85 \cdot \pi \cdot F}}$$

Donde:

*D*: diámetro del secador, m

*G*: Velocidad másica del aire, kg/s

*F*: Flujo másico por unidad superficial que ocurre mínimo arrastre del material, kg/s m<sup>2</sup>

La ecuación anterior solo es aplicable a un secador rotatorio de flujo paralelo en el cual el arrastre del material lo ocasiona el propio aire de secado.

#### Cálculo de la longitud del secador.

La razón entre la longitud y el diámetro de un secador rotatorio directo común puede ser calculada por la ecuación siguiente:

$$\frac{L}{D} = R$$

Donde,

*L*: Longitud del secador, m

*R*: razón del diámetro y longitud, L/D

Se toma que para un secador de tipo rotatorio la longitud comprende aproximadamente 4 diámetros.

Potencia requerida del motor

*La potencia requerida para hacer rotar la carcasa del secador está dada por la ecuación*

$$W = 0,45 \cdot W_t \cdot V_r + 0,12 \cdot B \cdot D \cdot f \cdot N$$

W: Potencia, KW.

$W_t$ : Masa total de las partes de rotación del secador., kg.

$V_r$  : Velocidad periférica de los rodillos,  
m/s.

B: Masa de material dentro del secador, kg.

D: Diámetro, m.

f : número promedio de elevadores por revolución de la carcasa del secador.

N: Velocidad de rotación, rpm.

Para hallar la potencia requerida del motor se debe calcular los siguientes datos:

- Revoluciones por minuto de la malla
- Masa total de las partes en movimiento
- Velocidad periférica de los rodillos.

### Cálculo de las revoluciones por minuto de la malla

Se toma para un secador de tipo rotatorio que el parámetro rpm\*D está normalmente entre 7 y 10.

$$\text{rpm}_{\text{del cilindro rotatorio}} = \frac{10}{D}$$

### Masa del material dentro del secador

$$\text{Carga del secador real} = \frac{(\dot{m}_{\text{entrada}} + \dot{m}_{\text{salida}})}{2} \cdot \theta$$

$\dot{m}_{\text{ent}}$  : Flujo másico total de entrada de material al secador, kg/h.

$\dot{m}_{\text{sal}}$  : Flujo másico total de salida del producto, kg/h.

$\theta$  : Tiempo de residencia del material, h.

### Cálculo de la velocidad periférica de los rodillos

Es la energía que debe ser transmitida al sistema giratorio, por lo que la potencia del motor debe ser mayor para compensar las pérdidas debido a la transmisión que se utilice en este caso.

$$V_r = w \cdot r$$

$V_r$ : Velocidad periférica de los rodillos, m/s

$w$ : Velocidad angular (rad/s)

$r$ : radio

### Espesor del aislante – Calculo de perdida de calor total

Para proceder a calcular el espesor del aislante, es necesario calcular las pérdidas totales de energía en sus diversas formas:

$$Q_{\text{cond}} = Q_{\text{conv}} + Q_{\text{rad}}$$

Ya que el espesor de dicho aislante, que en este caso será lana de vidrio, está

directamente relacionado con el calor conductivo del proceso, que a su vez, es función del calor convectivo y radiante.

A su vez, se deben calcular las pérdidas de energía por radiación y por convección:

#### Convección

$$Q_{\text{conv}} = h_{\text{con}} * (t_{s2} \text{ kcl} - t_{s1} \text{ kcl}) * A$$

Donde h es el coeficiente de convección que a su vez es función de

$$h_{\text{conv}} = \frac{Nu * K_{\text{aire}}}{L}$$

Donde K es la conductividad del aire a la  $T_{\text{prom}}$

#### Radiación

$$Q_{\text{rad}} = \varepsilon * \sigma * (t_{s2}^4 - t_{s1}^4) * A$$

Donde,  $\varepsilon$  es la emisividad y  $\sigma$  Constante de Stefan-Boltzmann

De esta forma, se tiene que el calor total que atraviesa todas las paredes está dado por:

$$Q_{\text{cond}} = \frac{k}{e} (T_i - T_e) A$$

Donde K es la conductividad promedio del aislante y e el espesor

Por lo tanto, se puede calcular el espesor como

$$\text{Espesor aislante} = \frac{K_{\text{aislante}}}{Q_{\text{cond}}} * (T_i - t_{s2} \text{ kcl}) * A$$

### Inclinación del Secador

La inclinación de un secador rotatorio suele regularse para dar una retención del material de 3 a 12 %, después de fijar el diámetro, la longitud y la velocidad de rotación por medio de las ecuaciones anteriores:

$$S = \frac{0,19 * L}{N * D * t}$$

Donde,

L, es la longitud del secador

D, es el diámetro

N, es la velocidad de rotación

T, tiempo de residencia

Nota: Perry. Ed.1958. Sección 13, Pág :1292-1293 . Cap. (Desecación). "La inclinación de los cilindros de los secadores rotatorios varia entre 0 y 0,08 m/m"

#### 4.9. Memoria de cálculo:

#### Diseño de Secador Rotatorio

**SECADOR ROTATORIO PLANTA DE PRODUCCIÓN DE KCL**

Corriente	Información	Fórmulas	Resultado	Unidad	Información
Caudal de ingreso al secador	S1		6584,1341	kg/h	
Caudal de salida del secador	S2		6055,591225	kg/h	
%Humedad inicial	Xo		9		
%Humedad Final	Xf		0,25		
% Humedad Inicial en base seca	X1	CALCULADO	9,89		Se toman 100 kg de base calculo, para calcular en función del % de humedad, el % de KCL seco y el % de agua
% Humedad de salida en base seca	X2	CALCULADO	0,25		Se toman 100 kg de base calculo, para calcular en función del % de humedad, el % de KCL seco y el % de agua
Humedad inicial del aire	Y2		0,015		De grafico psicometrico, en función de temperatura y humedad ambiente
Humedad final del aire	Y1	CALCULADO	0,067		
Entalpia del aire a 160 ° C	H aire	Dato	2757,500	Kj/kg	
Entalpia del aire al ingreso de secador	Hg2	CALCULADO	207,296	Kj/kg	
Entalpia del aire a la salida del secador	Hg1	CALCULADO	267,628	Kj/kg	
Entalpia del solido a la entrada del secador	Hs1	CALCULADO	21,868	Kj/kg	
Entalpia del solido a la salida del secador	Hs 2	CALCULADO	41,429	Kj/kg	
Flujo masico por unidad de superficie que ocurre minimo arrastre del material	F	CALCULADO	13003,79	kg/sm2	
Velocidad masica del aire	Gs	CALCULADO	12186,48	kg/s	
Cantidad de calor para secado	Qs	$Q_s = G_s * C_{p\text{aire}} * T^{\circ}\text{aire}$	2359303,18	KJ/s	
Perdida de energia en forma de calor	Q	$Q = 0.15 * H_{g2} * G_s$	378931,18	KJ/s	Se asumen perdidas del 15% de calor del aire a la entrada del secado
Tiempo de Residencia del Producto dentro del Secador	Ø	Dato empirico	0,75	hs	0,75 hs o 45 min valor promedio datos empiricos
Densidad del material húmedo		Dato	1,98	g/cm3	
Temperatura de ingreso de aire	T <sup>a</sup>	-	160	°C	
Temperatura de salida del aire	Ts a	-	80	°C	
Temperatura de ingreso KCL	t s1 KCL	Dato proceso	20	°C	
Temperatura de salida KCL	t s2 KCL	Dato proceso	60	°C	
Capacidad calorifica del mineral	Cs KCL	Dato tablas	0,68	kJ/kg·K	
Capacidad calorifica del aire	Cp aire	Dato tablas	1,21	kJ/kg·K	
Capacidad calorifica del agua	Cp agua	Dato tablas	4,18	kJ/kg·K	
Capacidad calorifica del vapor de agua	Cp vapor de agua	Dato tablas	1,89	kJ/kg·K	
Calor especifico de cambio de estado	Calor latente	Dato tablas	2,26	kJ/kg·K	
Diametro	D	$D_{\text{secador}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{0,85 \cdot \pi \cdot F}}$	1,18	m	Si se asume que el área transversal de flujo disponible para el gas es 85 % del área total. Para el secador rotatorio el aire no tiene función de arrastre, ya el material avanza por gravedad por la superficie del cilindro.
Razon de longitud y diametro	R	L/D	4		
Longitud	L	$L_{\text{cilindro}} = \frac{V_{\text{cilindro}}}{\pi \cdot r^2}$	4,74	m	$\frac{L}{D} = R$
Volumen	V	$V = L * \pi * r^2$	5,23	m3	Para el diseño del secador rotatorio, donde el contenido de humedad inicialmente es alto (Xinicial >> 1)
Area	A	$A = 2 * \pi * r * L$	17,64	m2	
Espesor del cilindro (Acero)	espesor	Tabla	0,02	m	Se toma valor promedio
Densidad del acero (promedio)	K acero	Tabla	7850	kg/m3	
Masa del material dentro del secador	B	Carga del secador real = $\frac{(m_{\text{entrada}} + m_{\text{salida}})}{2} \cdot \theta$	4739,90	Kg	Tomando en cuenta que la rapidez del secado es constante a lo largo de la malla, se puede calcular la masa total del material dentro del secador por la ecuación
Perimetro del cilindro	P	$P = \pi * D$	3,72	m	Fuente : El secado de sólidos en la industria química- G. Nonhebel, A. A. H. Moss. Ed. 1979
Masa del cilindro	Wt	$m_{\text{cilindro}} = P_{\text{cilindro}} \cdot \text{espesor} \cdot k_{\text{acero}} \cdot L_{\text{cilindro}}$	2769,55	kg	
Velocidad de rotación	N	$n_{\text{rpm del cilindro rotatorio}} = \frac{10}{D}$	8,44	rpm	Para un secador rotatorio se estima que el parámetro rpm*D está normalmente entre 7 y 10.
Velocidad angular del cilindro	w	$w = N * \frac{2 * \pi}{60}$	0,88	rad/s	
Velocidad periférica de los rodillos	Vr	$Vr = w \cdot r$	0,524	m/s	Es la energía que debe ser transmitida al sistema giratorio, por lo que la potencia del motor debe ser mayor para compensar las pérdidas debido a la transmisión que se utilice en este caso.
Numero promedio de elevadores por revolución de la carcasa del secador	f		6		Los elevadores dejan caer el producto en cascada con el fin de aumentar el coeficiente de convección entre el aire caliente y el producto
Potencia requerida del motor para hacer rotar la carcasa del secador	W	$W = 0,45 \cdot W_t \cdot V_r + 0,12 \cdot B \cdot D \cdot f \cdot N$	34,78	kW	
Temperatura promedio entre la corriente de aire de entrada y salida	Ti	$T_i = \frac{T^{\circ}\text{a} - T_{s\text{a}}}{2}$	120	°C	
Conductividad del aire en función del la Tprom	K aire	Dato Tabla propiedades del aire	0,0338	w/mK	
Número de Nussett	Nu	Tabla en función de propiedades del aire	39,50		
Coefficiente de Convección	h conv	$h_{\text{conv}} = \frac{Nu \cdot K_{\text{aire}}}{L}$	0,28	w/m2*E37K	
Calor Convectivo	Q conv	$Q_{\text{conv}} = h_{\text{conv}} * (t_{s2} \text{ kcl} - t_{s1} \text{ kcl}) * A$	198,78	watts	
Emisividad	ε	Tabla	1		Para radiación ideal
Constante de Stefan-Boltzmann	σ	Tabla	0,0000006	w/m^2*K^4	Dato de tabla
Calor Radiante	Q rad	$Q_{\text{rad}} = \epsilon^4 \cdot \sigma^4 \cdot (t_{s2}^4 - t_{s1}^4) * A$	4927,37	watts	
Conductividad promedio del aislante (lana de vidrio)	K aislante	Tabla	0,065	w/mK	
Calor conductivo	Q cond	$Q_{\text{cond}} = Q_{\text{conv}} + Q_{\text{rad}}$	5126,15	watts	
Espesor del aislante	E	$\text{Espesor aislante} = \frac{K_{\text{aislante}}}{Q_{\text{cond}}} * (T_i - t_{s2} \text{ kcl}) * A$	0,0134	m	
Inclinación del Horno	S	$S = \frac{0,19 * L}{N * D * \epsilon}$	0,0020	m/m	Perry. Ed.1958. Sección 13, Pág :1292-1293. Cap. (Desecación). "La inclinación de los cilindros de los secadores rotatorios varia entre 0 y 0,08 m/m"
Material		Acero inoxidable 316			

4.9.1 Plano – Diseño estructural:

Secador Rotatorio



*Capítulo N° 5*  
*Diseño Isométrico*

## 5.1 Diseño de Cañerías

El Diseño mecánico de un tramo de cañería involucra fundamentalmente tres cuestiones: la selección del material para la cañería, el cálculo del espesor necesario y el cálculo del material de aislación. Para este caso no se diseñará la aislación requerida, ya que para el tramo seleccionado no es necesario aislar las cañerías y/o ejercer un control de temperatura.

A continuación, se muestra el diseño del tramo de cañerías que une del TK-101 de Silvinita pasando por los filtros prensa hasta la entrada del TK-102.

Como consideraciones del diseño, se opta por acero inoxidable 316L por sus prestaciones indicadas para este servicio, este es un acero austenítico y determinante debido a la elevada corrosividad de nuestra materia prima.

Se tiene como objetivo acortar los tramos de cañerías por razones económicas y de seguridad, por lo cual se opta el recorrido propuesto en esta sección para dicho tramo.

Podrá verse la disposición espacial del tramo en el diagrama isométrico incluido en este capítulo.

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

El primer parámetro necesario es el diámetro de la cañería a utilizar.

### Condiciones y propiedades de la corriente:

Temperatura: 25 ° C

Caudal volumétrico total: 52,8 m<sup>3</sup>/h

Nota: Se supone una velocidad de 1,5 m/s, entre las recomendadas (1 m/s a 3m/s), luego se calcula el diámetro de la cañería:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

Donde despejando se puede obtener el valor del Diámetro (D)

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q}{\pi * v}} = 2 * \sqrt{\frac{52,8 \frac{m^3}{h}}{\pi * \frac{1,5m}{s} * \frac{3600s}{h}}} = \mathbf{0,112 \text{ m} = 4,4 \text{ in}}$$

Se recurre como referencia al libro "Manual de recipientes a presión" pag: 316, se toma un tamaño nominal de tubo de 5 in y Sch 40, por lo que el valor del diámetro resulta: **D= 5,56 in= 0,14 m**

### **5.2 Espesor de la cañería:**

Una vez determinado el diámetro nominal se procede al cálculo el espesor mínimo requerido para luego con este y el diámetro interno determinar la velocidad real dentro de la cañería.

El mínimo espesor de pared para cualquier tubo sometido a presión interna o externa es una función de:

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

Además, el espesor de pared de un tubo sometido a presión externa es una función de la longitud del tubo, pues ésta influye en la resistencia al colapso del tubo, El mínimo espesor de pared de cualquier tubo debe incluir la tolerancia apropiada de fabricación.

La fórmula para calcular el espesor mínimo de pared requerido se detalla a continuación, y es aplicable para razones  $D_o/t$  superiores a seis. La ecuación incluye un factor  $Y$  que varía con el material y la temperatura.

Se calcula el espesor de la cañería según la siguiente ecuación:

<p align="center"><b>ANSI B31.3-1984</b>  <b>PLANTAS QUIMICAS Y TUBERIAS PARA REFINERIAS DE PETROLEO</b></p> <p>a) Esta norma especifica los requisitos para los materiales, diseño, fabricación, ensamble, construcción, revisión, inspección y pruebas de los sistemas de tuberías sujetos a presión o vacío.</p> <p>b) Dicha norma se aplica a los sistemas de tuberías que manejan todos los fluidos, incluyendo sólidos fluidizados, y a todos los tipos de servicios, incluyendo materias primas, productos intermedios y productos químicos terminados, petróleo crudo y otros productos del petróleo, gas, vapor, aire, agua y refrigerantes, excepto lo que se marca en los incisos 300.1.2 o bien, 300.1.3. Únicamente los servicios de fluidos de las categorías D y M que se definen en 300.2 están separados debido a consideraciones especiales.</p>	<p><b>Presión interna</b></p> $t_m = t + c \quad t = \frac{Pd}{2[SE - P(1 - Y)]}$ <p>(Ver notas 1, 7, 8)</p> $t = \frac{PD}{2(SE + PY)}$ <p><b>VALORES DE S, EN MILES DE LB/PULG<sup>2</sup></b>          Para materiales ASTM A 53 b y A 106 b          Para temperaturas del metal (grados F) que no excedan de:</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>-20 a 100</td> <td>200</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>A 53B</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>18.90</td> </tr> <tr> <td>A1 06B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Presión externa</b>          Para determinar los requisitos de espesor de pared y rigidez se seguirán los procedimientos indicados en los párrafos UG-28, 29 y 30 de la sección VIII, división 1, de las normas ASME para calderas y recipientes sometidos a presión.</p>		-20 a 100	200	300	400	500	A 53B	20.00	20.00	20.00	20.00	18.90	A1 06B					
	-20 a 100	200	300	400	500														
A 53B	20.00	20.00	20.00	20.00	18.90														
A1 06B																			

NOTACION						
<i>A</i>	= espesor adicional, en pulgadas, para compensar por material removido en roscado, acanalado, etc., y como provisión para resistencia mecánica, corrosión y erosión. Para tubo de hierro fundido se aplicarán los siguientes valores de <i>A</i> : De vaciado centrífugo ..... 0.14 pulg. De vaciado estático ..... 0.18 pulg.					
<i>c</i>	= suma, en pulgadas, de los márgenes mecánicos (profundidad de rosca o ranura) más margen por corrosión y erosión.					
<i>d</i>	= diámetro interior del tubo en estado corroído, pulgadas					
<i>D</i> y <i>D<sub>o</sub></i>	= diámetro exterior del tubo, pulgadas					
<i>E</i>	= factor de eficiencia de la junta soldada del tubo (ver código aplicable). Para tubo sin costura, <i>E</i> = 1.0					
<i>F</i>	= Para tubería de hierro fundido debe usarse el factor de calidad de vaciado <i>F</i> en lugar de <i>E</i>					
<i>P</i>	= Presión interna de diseño, o presión máxima permitida de trabajo, lb/pulg <sup>2</sup> manométricas.					
<i>S</i>	= esfuerzo máximo permitido en el material por presión interna, a la temperatura de diseño, lb/pulg <sup>2</sup> manométricas.					
<i>t</i>	= espesor del tubo requerido por presión, pulgadas					
<i>t<sub>m</sub></i>	= espesor mínimo del tubo, en pulgadas, que se requiere por presión y para compensar por material removido por roscado, ranurado, etc., y como provisión para resistencia mecánica, corrosión y erosión.					
<i>y</i> y <i>Y</i>	= coeficientes, según se tabulan en la tabla siguiente					
Valores de <i>y</i> y <i>Y</i>						
Temperatura "F"	900 <sup>o</sup> o menos	950	1000	1050	1100	1150 o más
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

Se toma:

Phidrostatica = Patm +  $\rho * g * z = 76603,8 \text{ Pa} = 11,1 \text{ lb/in}^2$

D = 5,56 in

S = 17500 lb/in<sup>2</sup>

E = 0,85

Y = 0,4

Cálculo de espesor:

Información	Formula	Espesor calculado	Unidad
Espesor salida Pileta Silvinita	$t = \frac{Pd}{2[SE - P(1 - Y)]}$	0,0021	in

Se toma de la tabla de la pág 314 del Manual de Recipientes a Presión:

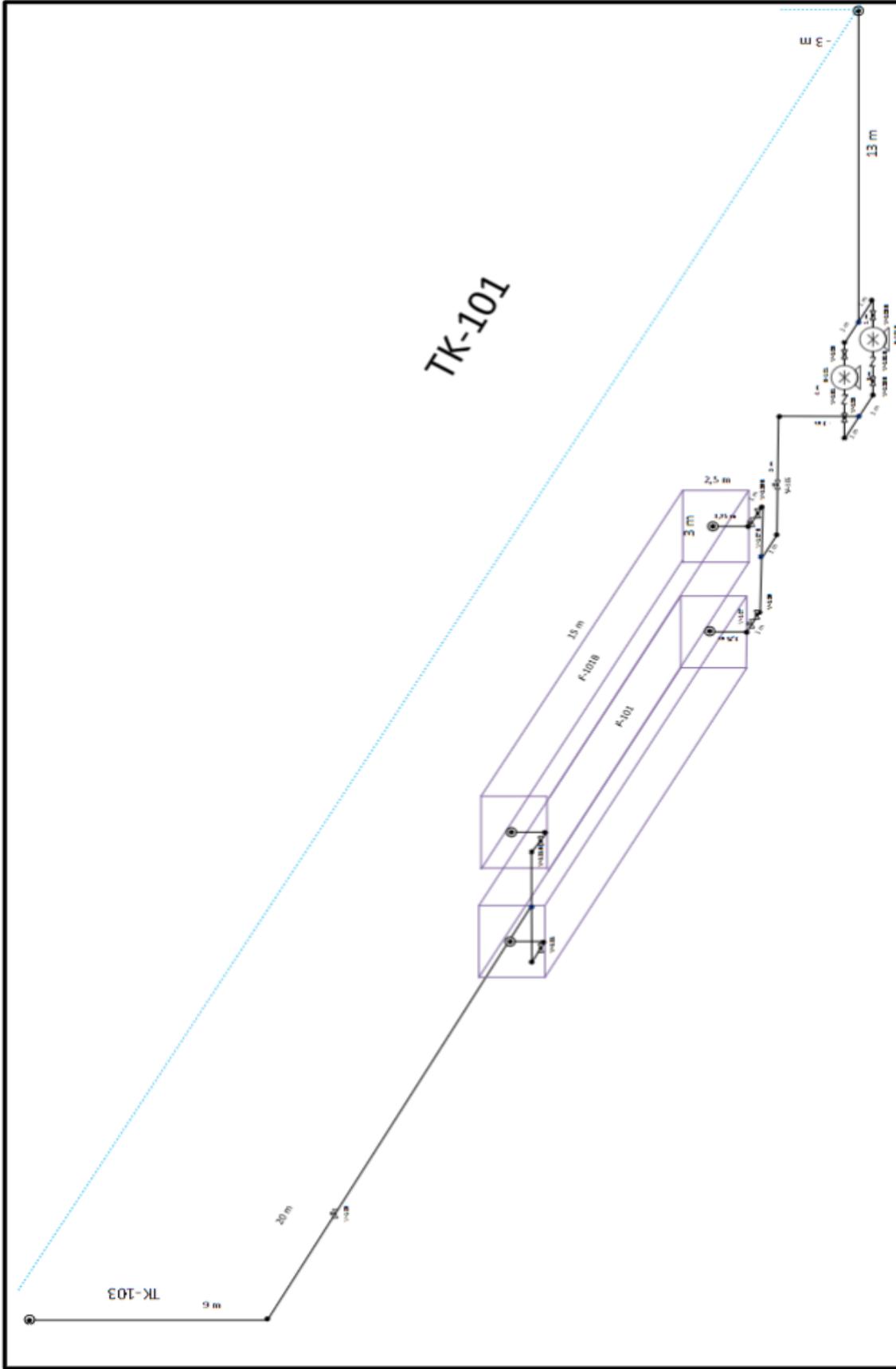
- Espesor: 0,258 in, Sch 40
- Di: 5,047 in = 0,128 m

Verificación de la velocidad con el valor del nuevo diámetro:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{52,8 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi * \left(\frac{0,13}{2}\right)^2} = 3977,9 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 1,12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{El valor de velocidad se mantiene}$$

### **5.3 Isométrico:**

Se adjunta a continuación diagrama isométrico:



 <p>FACULTAD REGIONAL DELTA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL</p>	<p>Fecha: Diciembre 2020</p>	
	<p>Proyecto/Integrantes: Caballero Ayelen Di Giuseppe Maria Serena</p>	
<p>PROYECTO: PLANTA DE PRODUCCION DE CLORURO DE POTASIO</p>	<p>Plano Nro 4</p>	
<p>CONTIENE: Isométrico</p>	<p>Escala: 1:200</p>	
<p>MATERIAES N/A</p>		

#### **5.4 Pérdida de carga:**

A continuación, se procederá a realizar el cálculo de la pérdida de carga para el tramo total de cañerías del diagrama anterior, se comenzará calculando la potencia requerida de la bomba:

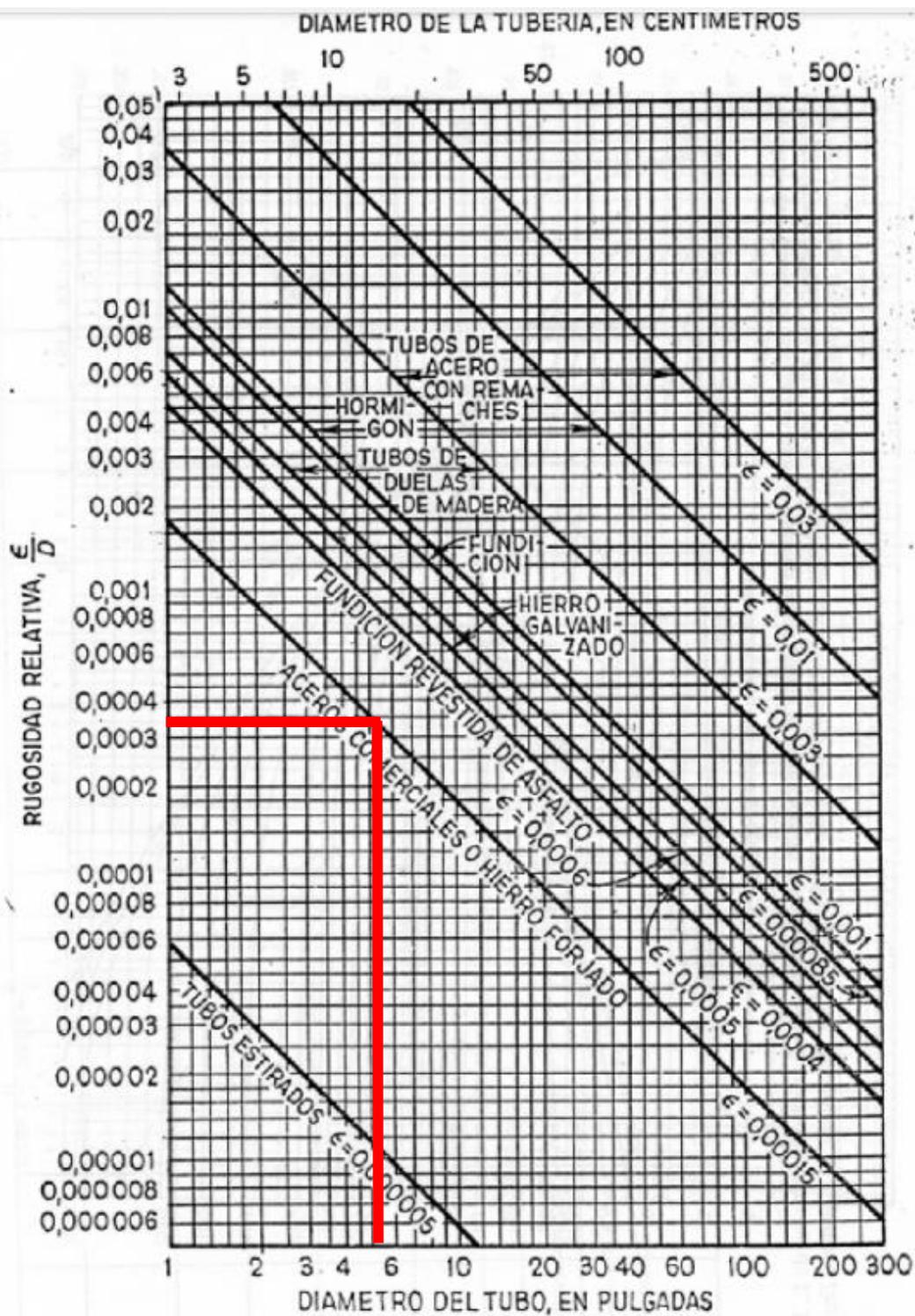
$$\text{Pérdida de carga} = \frac{1}{2} * v^2 * fD * \left( \frac{L}{D} + Leq + k \right)$$

En donde:

K: factor de concentración o expansión

Nota: Debo calcular el factor fD y para ello necesito conocer, tanto el número de Reynolds como la rugosidad relativa.

**Obtengo rugosidad relativa o  $\frac{\epsilon}{D}$  del siguiente gráfico: 0,00032**



**Calculo el número de Reynolds:**

Donde:

V: 1,12 m/s

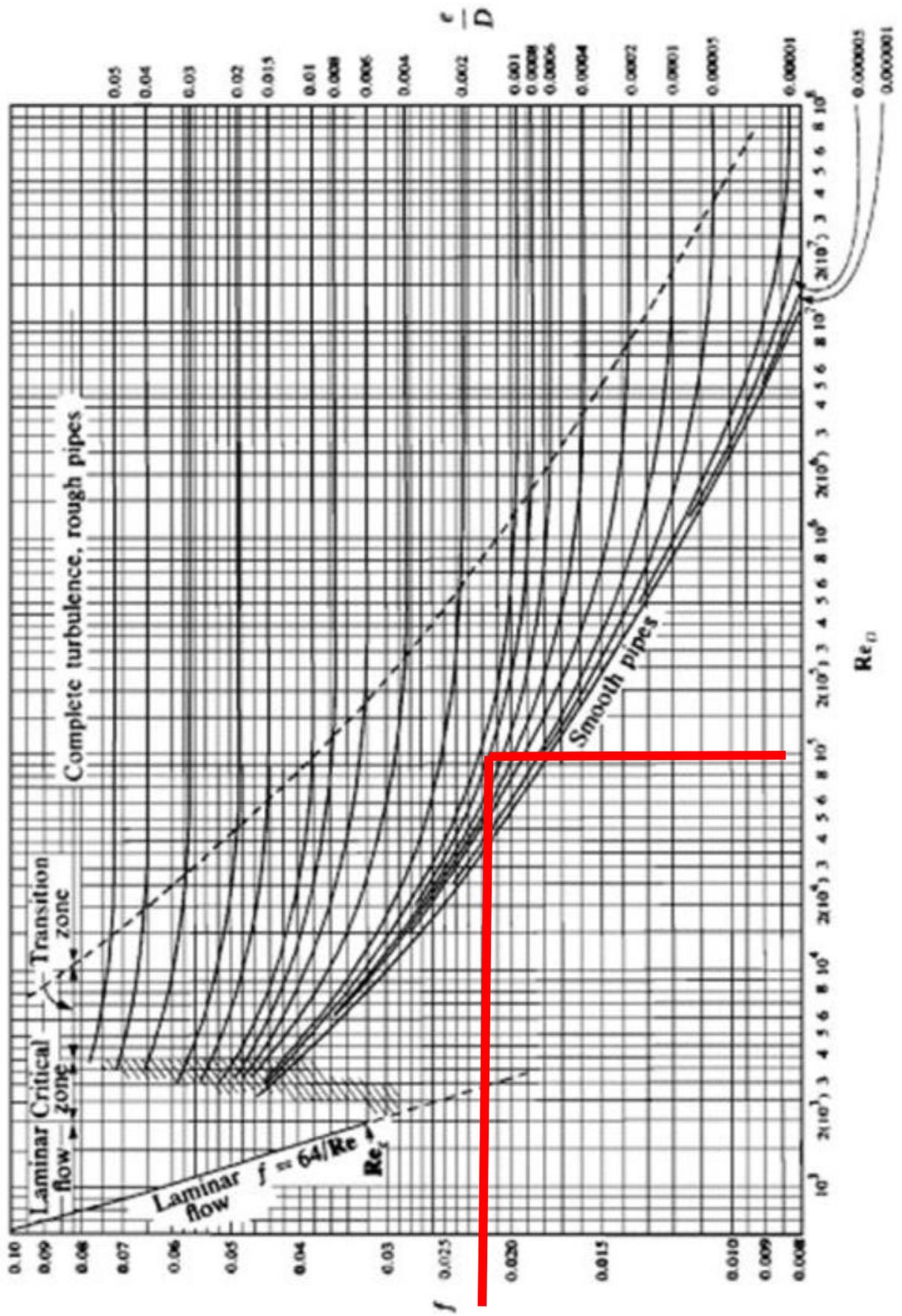
D: 0,14 m

Densidad silvinita: 1050 kg/m<sup>3</sup>

Viscocidad: 1 cP

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = 164640$$

**Una vez calculados los dos parámetros anteriores y con ayuda del siguiente gráfico puedo calcular el factor de fD, factor de Darcy;**



Se obtiene entonces,  $fD = 0,017$ , mediante el grafico anterior

Nota: se contempla una longitud total de cañería de 62,5 metros

Accesorio	L/D	Cantidad	Total
válvulas globos	340	7	2380
Codos a 90°	30	9	270
válvulas de retención	135	1	135
válvulas T	20	4	80
<b>L eq Total</b>	<b>2865</b>		

Una vez obtenidos todos los datos necesarios, se procederá a calcular la perdida de carga:

$$Perdida\ de\ carga = \frac{1}{2} * v^2 * fD * \left( \frac{L}{D} + Leq + k \right)$$

Donde:

<b>V</b>	1,12	m/s
<b>fD</b>	0,017	Grafico
<b>D</b>	0,14	m
<b>Leq</b>	2865	Tabla
<b>K</b>	1,5	Tabla
<b>L</b>	62,5	m

Entonces, reemplazando se obtiene que:

<b>Perdida de carga=</b>	<b>35,32</b>	<b>m2/s2</b>
--------------------------	--------------	--------------

Por otro lado, debo calcular la perdida de carga de los filtros F-101 y F-101B:

$$Perdida\ de\ carga\ filtro = \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{588000Pa}{1050\ kg/m^3} = 560\ m^2/s^2$$

### 5.5 Potencia de la Bomba

Ecuación de Bernoulli =  $W = \frac{\Delta P}{\rho} + g * \Delta z + \frac{1}{2} * \Delta V^2 + Hf$

$$W = \frac{39179 Pa}{1050 kg/m^3} + \frac{9,81 m}{s^2} * 11 m + \frac{1}{2} * (1,12 \frac{m}{s})^2 + 35,32 \frac{m^2}{s^2} + 560 \frac{m^2}{s^2}$$

$$W = 741,7 m^2/s^2$$

Potencia de la bomba = W x QMásico

$$\text{Potencia} = 741 m^2/s^2 * 52800 kg/h / 3600 s = 11414 \text{ watts} = 11,4 \text{ kW}$$

Supongo un rendimiento de la bomba, por lo que, la potencia al freno es:

$$\text{Preal: } 19,02 \text{ Kw}$$

### 5.6. Altura desarrollada por la bomba: Presión de succión y descarga:

$$\Delta P_{bomba} = \Delta P_{descarga} - \Delta P_{succión}$$

- Cálculo de  $\Delta P_{succión}$

$$\Delta P_{succión} = \left( -g * \Delta Z - \frac{1}{2} * \Delta v^2 - \frac{1}{2} * v^2 * fD * Leq \right) * \rho + P_{tanque}$$

Donde:

Succión			
Accesorio	L/D	Cantidad	Total
válvulas globos	340	1	340
Codos a 90°	30	1	30
válvulas T	20	1	20
<b>L eq Total</b>		<b>390</b>	

Succión		
V	1,12	m/s
fD	0,017	Grafico
D	0,14	m
Leq	390	Tabla
K	1,5	Tabla
L	15	m
Z succión	0	m
Densidad Silvinita	1050	kg/m3
Presion TK-101	101325	Pa

Entonces, se obtiene como resultado:

$$\Delta P_{succión} = 95083,9 \text{ Pa}$$

- Cálculo de  $\Delta P_{descarga}$

$$\Delta P_{descarga} = P_{tanque} + \left( g * \Delta Z + \frac{1}{2} * \Delta v^2 + \frac{1}{2} * v^2 * fD * Leq \right) * \rho$$

Donde:

Descarga			
Accesorio	L/D	Cantidad	Total
Válvulas globos	340	6	2040
Codos a 90°	30	8	240
válvulas de retención	135	1	135
válvulas T	20	3	60
<b>L eq Total</b>		<b>2475</b>	

Descarga		
V	1,12	m/s
fD	0,017	Grafico
D	0,14	m
Leq	2475	Tabla
K	1,5	Tabla
L	47,5	m
Z descarga	11	m
Densidad Silvinita	1050	kg/m3
Perdida TK-103	101325	Pa
Perdida de carga filtro	560	m2/s2

Entonces, se obtiene como resultado:

$$\Delta P \text{ descarga} = 134263,1 \text{ Pa}$$

Por lo que, se puede calcular la caída de presión de la bomba:

$$\Delta P \text{ Bomba} = \Delta P \text{ descarga} - \Delta P \text{ succión} = 39179,1 \text{ Pa}$$

### **5.7 Altura neta positiva de aspiración (ANPA):**

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

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

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

Se utilizar esta medida del ANPA:

$$ANPA \text{ disponible} = \frac{P_{\text{succión}} - P_{\text{vapor}}}{\rho * g} + \frac{\Delta v^2}{2 * g} + Z_d - Z_s$$

Se toma como presión de vapor de la silvinita: 3173 Pa

$$ANPA\ disponible = \frac{(95083,9 - 3173)Pa}{9,81m/s^2 * 1050kg/m^3}$$

$$ANPA\ disponible = 8,92\ m$$

***“Como conclusión, siempre que operemos a presiones superiores a: 95083 Pa o 0,95 bar y con un ANPA disponible de 8,92 metros la bomba no cavitará”***

### **5.8 Consideraciones sobre arreglos de general y de tuberías**

Después de que el dinero y el material de la tubería han sido seleccionados y de que el espesor cuando de pared de los tubos ha sido establecidos, el diseñador de la tubería tendría que elaborar una disposición económica de tuberías para el nuevo sistema

#### Facilidad de Operación

Los puntos de operación y control tales como aquellos donde están instalados válvulas, bridas, instrumentos, toma-muestras y drenajes, deben ser ubicados de modo que esas partes del sistema puedan ser operadas con mínima dificultad

#### Accesibilidad para mantenimiento

El sistema de tubería deberá ser proyectado de manera tal que cada porción del sistema pueda ser reparado o remplazado con mínima dificultad. Deben proveerse espacios libres, como, por ejemplo, en los cabezales o extremos de los intercambiadores de calor, carcasa y tubos.

#### Economía

Deben llevar a cabo estudios de ruta de las tuberías, para determinar el trazado económico del sistema. Existe la tendencia frecuente de parte de algunos diseñadores a prever excesiva flexibilidad en los sistemas de tuberías. Esto puede incrementar los costos de material de fabricación más de lo necesario y algunas veces puede conducir a vibraciones excesivas en el sistema

### Requerimientos Especiales de Proceso

Para algunos sistemas de tuberías, la presión disponible es crítica, de modo que las pérdidas de presión por flujo debido a codos y otros accesorios en la línea deben ser minimizadas.

### Ampliaciones Futuras

En el diseño de sistema de tubería deben hacerse consideraciones sobre la posibilidad de futuras ampliaciones

### Minimizar los Extremos

Los extremos muertos y bolsillos en las partes bajas de los sistemas de tubería deben ser evitados en lo posible. Esas partes ocasionan dificultades en el drenaje de los sistemas de tubería. Todos los extremos muertos en las partes bajas del sistema, así como los puntos altos, deben ser provistos de drenajes adecuados.

### Maximizar el Uso de Soportes Existentes

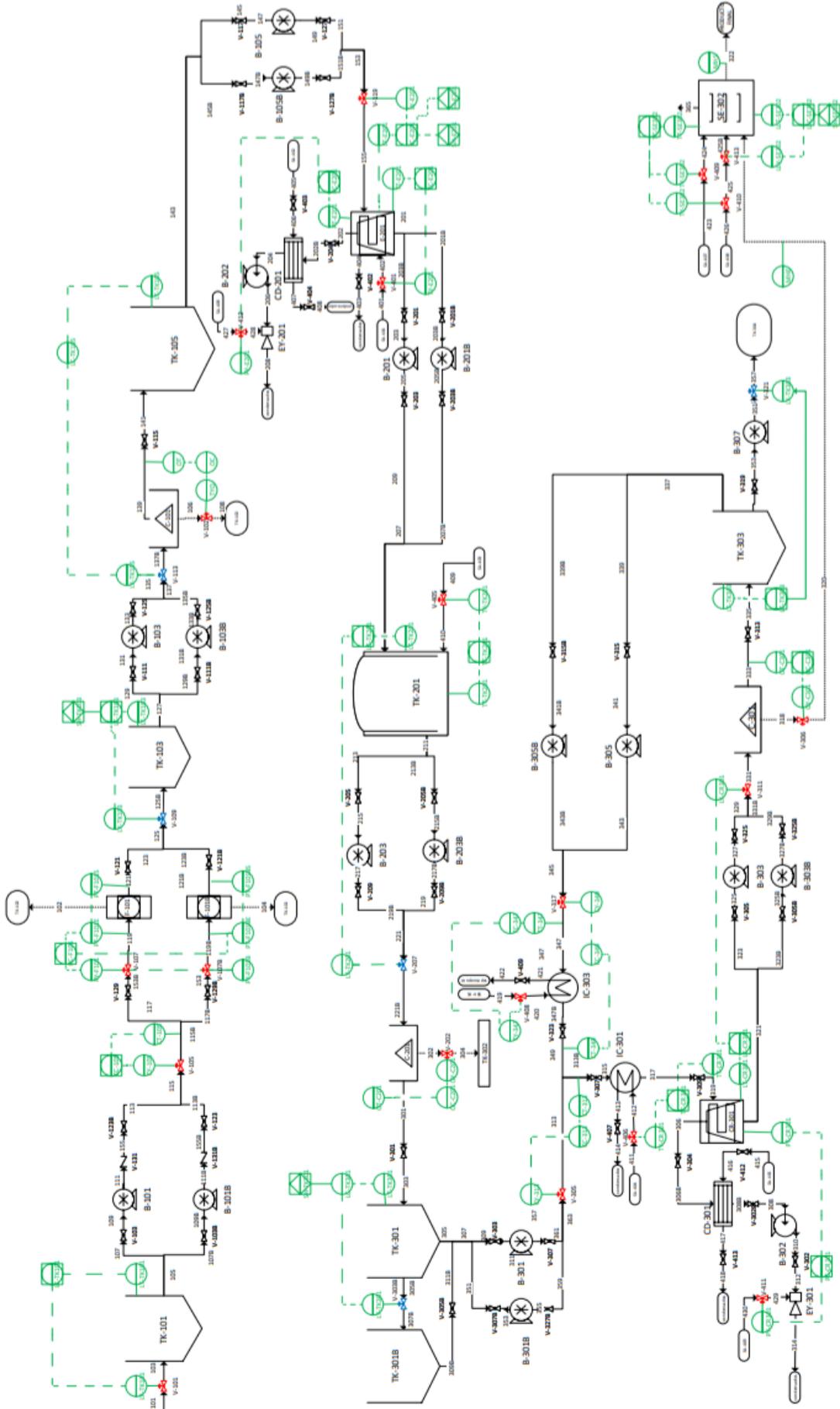
Donde sea posible, la tubería debe tenderse sobre soportes existentes o extendidos de soportes existentes, con el fin de reducir costos de soportaría. La capacidad de carga de los soportes existentes debe ser evaluada, para asegurarse de que puede soportar la carga adicional de las tuberías nuevas.

### Separaciones para Expansión Térmica

Debe preverse la separación suficiente, entre tuberías adyacentes y entre una tubería y obstrucciones estructurales adyacentes, para tomar en cuenta la libre expansión térmica de la tubería. Las separaciones requeridas deben basarse en las máximas expansiones térmicas diferenciales aún bajo condiciones anormales.

*Capitulo N° 6:*  
*Instrumentación y Control*

**6.1 P&ID:**



FACULTAD REGIONAL DELTA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

PROYECTO: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE POTASIO

CONTIENE: P&ID

MATERIALES: N/A

Plano No. 1

Sin escala

Fecha: Diciembre 2020

Proyecto/Integrantes:

Caballero Ayelen

Di Giuseppe María Sorrenti

## 6.2

### Características de los componentes de los lazos de control

### Características de los componentes de los Lazos de Control

TAG	Descripción	Servicio	Tipo	Válvula de control	Falla
LT-TK101	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel TK-101	Sensor		
LC-TK101	Controlador de Nivel	Nivel TK-101	Controlador		
LY-TK101	Convertidor de señal	Nivel TK-101	Convertidor	V-101	Cierra
CT-105	Sensor Transmisor de Caudal	Caudal en corriente 105	Sensor		
CC-105	Controlador de Caudal	Caudal en corriente 105	Controlador		
CY-105	Convertidor de señal	Caudal en corriente 105	Convertidor	V-105	Cierra
PT-F101E	Sensor Transmisor de Presión	Presión de filtración	Sensor		
PT-F101S	Sensor Transmisor de Presión	Presión de filtración	Sensor		
PC-F101	Controlador de Presion	Presión de filtración	Controlador		
PY-F101	Convertidor de señal	Presión de filtración	Convertidor	V-107	Cierra
PT-F101BE	Sensor Transmisor de Presion	Presión de filtración	Sensor		
PT-F101BS	Sensor Transmisor de Presion	Presión de filtración	Sensor		
PY-F101B	Convertidor de señal	Presión de filtración	Convertidor	V-107B	Cierra
LT-TK103	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel TK-103	Sensor		
LC-TK103	Controlador de Nivel	Nivel TK-103	Controlador		
LY-TK103	Convertidor de señal	Nivel TK-103	Convertidor	V-109	Abre
SH-TK103	Alarma de nivel máximo	Nivel TK-103	Alarma		
LT-TK105	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel TK-105	Sensor		
LC-TK105	Controlador de Nivel	Nivel TK-105	Controlador		
LY-TK105	Convertidor de señal	Nivel TK-105	Convertidor	V-113	Abre
OT-C101	Sensor de turbidez	Turbidez en salida de C-101	Sensor		
OC-C101	Controlador de turbidez	Turbidez en salida de C-101	Controlador		
OY-C101	Convertidor de señal	Turbidez en salida de C-101	Convertidor	V-102	Cierra
TT-E201	Sensor de temperatura	Temperatura en E-201	Sensor		
TC-E201	Controlador de temperatura	Temperatura en E-201	Controlador		
TY-E201	Convertidor de señal	Temperatura en E-201	Convertidor	V-401	Cierra
LT-E201	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel E-201	Sensor		
LC-E201	Controlador de Nivel	Nivel E-201	Controlador		
LY-E201	Convertidor de señal	Nivel E-201	Convertidor	V-119	Cierra
PT-E201	Sensor Transmisor de Presion	Presión E-201	Sensor		
PC-E201	Controlador de presión	Presión E-201	Controlador		
PY-E201	Convertidor de señal	Presión E-201	Convertidor	V-402	Cierra
LT-TK201	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel TK-201	Sensor		
LC-TK201	Controlador de Nivel	Nivel TK-201	Controlador		

LY-TK201	Convertidor de señal	Nivel TK-201	Convertidor	V-207	Abre
TT-TK201	Sensor de temperatura	temperatura en TK-201	Sensor		
TC-TK201	Controlador de temperatura	temperatura en TK-201	Controlador		
TY-TK201	Convertidor de señal	temperatura en TK-201	Convertidor	V-405	Cierra
OT-C201	Sensor de turbidez	turbidez en salida de C-201	Sensor		
OC-C201	Controlador de turbidez	turbidez en salida de C-201	Controlador		
OY-C201	Convertidor de señal	turbidez en salida de C-201	Convertidor	V-202	Cierra
LT-TK301	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel TK-301	Sensor		
LC-TK301	Controlador de Nivel	Nivel TK-301	Controlador		
LY-TK301	Convertidor de señal	Nivel TK-301	Convertidor	V-303B	Abre
SH-TK301	Alarma de nivel máximo	Nivel TK-301	Alarma		
CT-313	Sensor Transmisor de Caudal	Caudal en corriente 313	Sensor		
CC-313	Controlador de Caudal	Caudal en corriente 313	Controlador		
CY-313	Convertidor de señal	Caudal en corriente 313	Convertidor	V-305	Cierra
TT-CR301	Sensor de temperatura	Temperatura en CR-301	Sensor		
TC-CR301	Controlador de temperatura	Temperatura en CR-301	Controlador		
TY-CR301	Convertidor de señal	Temperatura en CR-301	Convertidor	V-406	Cierra
PT-CR301	Sensor Transmisor de Presion	Presion CR-301	Sensor		
PC-CR301	Controlador de presión	Presion CR-301	Controlador		
PY-CR301	Convertidor de señal	Presion CR-301	Convertidor	V-411	Cierra
LT-CR301	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel CR-301	Sensor		
LC-CR301	Controlador de Nivel	Nivel CR-301	Controlador		
LY-CR301	Convertidor de señal	Nivel CR-301	Convertidor	V-311	Cierra
OT-C301	Sensor de turbidez	Turbidez en salida de C-301	Sensor		
OC-C301	Controlador de turbidez	Turbidez en salida de C-301	Controlador		
OY-C301	Convertidor de señal	Turbidez en salida de C-301	Convertidor	V-306	Cierra
LT-TK303	Sensor Transmisor de Nivel	Nivel TK-303	Sensor		
LC-TK303	Controlador de Nivel	Nivel TK-303	Controlador		
LY-TK303	Convertidor de señal	Nivel TK-303	Convertidor	V-321	Abre
TT-347	Sensor de temperatura	Temperatura en corriente 347	Sensor		
TC-347	Controlador de temperatura	Temperatura en corriente 347	Controlador		
TY-347	Convertidor de señal	Temperatura en corriente 347	Convertidor	V-408	Cierra
CT-349	Sensor Transmisor de Caudal	Caudal en corriente 349	Sensor		
CC-349	Controlador de Caudal	Caudal en corriente 349	Controlador		
CY-349	Convertidor de señal	Caudal en corriente 349	Convertidor	V-317	Cierra
MHE	Punto de muestreo	Humedad en corriente 320	Muestreo		
MHS	Punto de muestreo	Humedad en corriente 322	Muestreo		
TT-SE302	Sensor de temperatura	Temperatura en corriente SE302	Sensor		
TC-SE302	Controlador de temperatura	Temperatura en corriente SE302	Controlador		

TY-SE302	Convertidor de señal	Temperatura en corriente SE302	Convertidor	V-410	<b>Cierra</b>
SH-SE302	Alarma de gas	Presencia de llama SE302	Alarma		
LLT-SE302	Sensor llama	Presencia de llama SE302	Sensor		
LLC-SE302	Controlador de llama	Presencia de llama SE302	Controlador		
LLY-SE302	Convertidor de señal	Presencia de llama SE302	Convertidor	V-410	<b>Cierra</b>
SL-E201	Alarma de bajo nivel	Nivel E-201	Alarma		
SH-E201	Alarma de alto nivel	Nivel E-201	Alarma		

*Capítulo 7: Lay out de*  
*Plantas y Procesos -*  
*Estructura Organizacional.*

## **7.1. Estructura organizacional**

### **Funciones:**

- **Gerencia General:** Aquí se realiza el proceso de Planificación, Gestión y Control que son actividades del nivel Intermedio o Gerencial.

El planeamiento significa mirar hacia el futuro, a fin de crear en el presente condiciones que permitan llevar la empresa hacia ese futuro.

El proceso de Gestión consiste en llevar a cabo las actividades en cada sector.

Está ubicado en el presente de cada día.

El proceso de Control es el análisis del presente y del pasado para observar si la actividad evoluciona positivamente hacia los objetivos, o por el contrario se aleja de ellos.

- **Legales:** Para atender de las demandas judiciales del personal, clientes, proveedores o vecinos.  
Contratos. Representación institucional.
- **Auditoría:** Para la verificación periódica que cada área de la empresa funcione cumpliendo las normas establecidas. Se encarga de custodiar el resguardo patrimonial de la empresa. (Contratado Externo)
- **Producción:** Se trata de la transformación de los insumos industriales (básicamente materia prima y mano de obra), mediante la aplicación de tecnología y trabajo, en mercaderías para su posterior venta y distribución.  
Esto implica el desarrollo de las siguientes actividades:
  - **Compras:** Realiza el estudio del mercado de proveedores y selección, cotizaciones, análisis de costos y precios, adjudicación de pedidos, contratos para el suministro, activamiento de los pedidos, pronósticos de compras, importaciones. Efectúa las compras necesarias, a efectos de minimizar costos y asegurar la operatividad de la empresa. Detecta nuevos productos sustitutos. Detecta nuevos productos potenciales.

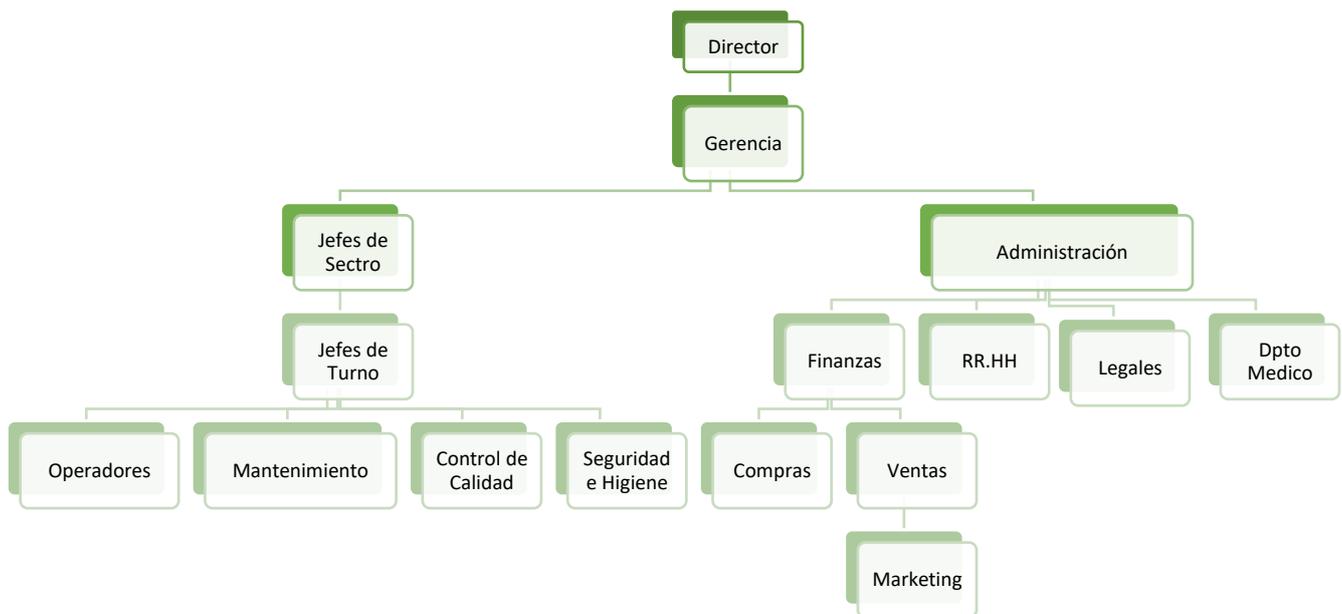
- **Fabricación:** que realiza la programación y control de la producción, maneja los almacenes de materia prima, opera las máquinas de producción, retrabajos. Además, ejecuta el proceso de elaboración de productos terminados y semielaborados en función del plan de producción.
  
- **Laboratorio y Control de Calidad:** que mide la calidad de lo producido, realiza análisis de laboratorio, de aguas y chequeos de calidad de materias primas y producto terminado. Basándose en el proceso y su mejora continua.
  
- **Mantenimiento:** verifica las máquinas, realiza mantenimiento correctivo y preventivo (inspección), se ocupa de los llamados “servicios”: energía eléctrica, aire comprimido, calefacción. Almacena los repuestos para mantenimiento. Se ocupa del: Mantenimiento preventivo: planificando y controlando el mantenimiento rutinario de las líneas de producción y garantizando su óptimo rendimiento.
  
- **Mantenimiento correctivo:** efectuando en el menor tiempo posible las reparaciones, a fin de solucionar cualquier parada de equipo.
  
- **Comercialización:** son las actividades que la empresa realiza para colocar sus productos en el mercado. Estas son:
  - Marketing:** Investigación y Mercados, segmentación, estudio de la competencia, precios y planes de ventas, pronósticos de ventas. Medir cual es el grado de satisfacción de los clientes. Promoción y publicidad.
  
  - Ventas:** Exhibición de productos, atención a clientes para recibir pedidos, tomar quejas. Exportaciones.
  
  - Distribución:** Recibe los productos de la fábrica, los almacena y mantiene en buen estado, y los despacha para cumplir con los pedidos de los clientes. Además, contrata los medios de transporte necesarios.
  
- **Finanzas:** son las actividades que tienen por objeto administrar los recursos monetarios de la empresa. Contempla las siguientes funciones:

- Tesorería:** que se ocupa de Créditos y cobranzas a los clientes, Caja que realiza los pagos y recibe la cobranza, presupuestos, encargado del plan de erogaciones e ingresos (usualmente llamado cash flow) y las relaciones financieras: con los bancos y otros organismos de crédito.
  - Contaduría:** que trabaja con costos, impuestos, cuentas a pagar, registros contables, balances y archivo.  
Recopila información, la compila y registra a efectos de cumplir con la información legal y de gestión. (misma persona que trabaja en tesorería)
  - Informática:** creación y mantenimiento del sistema de computación de la empresa.
- **Personal:** que administra los recursos humanos.

Las funciones principales son:

- Selección de personal:** estudios del mercado laboral, planes de carrera, evaluación de desempeños.  
Coordinación de entrevistas, test psicotécnicos y revisión médica de postulantes.  
Colocación de avisos.
- Liquidación de sueldos:** de servicios sociales y otros beneficios. Efectúa el cálculo de remuneraciones y atiende cualquier reclamo al respecto. (misma persona que trabaja como analista de RRHH).
- Seguridad Industrial:** Anticipa, reconoce, evalúa y controla factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo en industrias. Se aplican un conjunto de técnicas multidisciplinarias que se encarga de identificar el riesgo, determinar su significado, evaluar las medidas correctivas disponibles y la selección del control óptimo.

## 7.2. Organigrama de la empresa



### **7.3 Lay Out de Procesos y de Plantas:**

#### **7.3.1 Introducción:**

La competencia industrial ha llevado a tener que analizar todos los posibles caminos que reduzcan costos. Como los factores principales que intervienen tales como materiales, maquinarias, métodos de tecnología y los salarios han llegado a ser cada vez más estandarizados. Se debe intentar reducir los costos a través de otros medios, como por ejemplo la distribución en planta. Si bien existen reglamentaciones de distancias mínimas entre equipos y fluidos con cierta peligrosidad, se intentará buscar cada vez más un equilibrio entre costos y aprovechamientos de espacios.

#### **7.3.2 Determinación de las Áreas de Planta.**

La planta se compone de los siguientes bloques:

- 2 unidades de proceso que contemplan (Centrifugación, Evaporación, Cristalización, Secado y almacenamiento)
- Unidad de almacenaje de cloruro de sodio y de cloruro de potasio
- Edificio
- Taller Mecánico
- Laboratorio
- Depósito
- Area de servicios auxiliares
- Estacionamiento
- Playa de carga de camiones
- Sala de Control
- Portería de entrada al predio

### **7.3.2.1 Unidades de Proceso:**

Las mismas fueron distribuidas de forma lógica con los pasos del proceso.

Con esta disposición se optimiza el espacio, así como también se minimizan los costos de cañerías y requerimientos de seguridad en el proceso. El acceso a las mismas está restringido a los operadores y/o personal técnico de la planta. El trabajo del personal contratado será manejado por permisos de trabajo, lo cual facilita el control de las tareas, así como se analiza las condiciones de trabajo seguro dentro de esta zona. Se determinó que el área necesaria para las unidades de proceso es m<sup>2</sup>.

**PORTERÍAS:** Contempla el área de ingreso del personal a planta y además será el área asignada para el ingreso y el egreso de camiones.

**TALLER MECÁNICO:** La planta trabajara con el stock mínimo requerido y la mayoría de las taras de mantenimiento serán subcontratadas según necesidad, por lo cual este taller será destinado a tareas menores de la operación diaria.

**DEPÓSITO:** Aquí se encontrarán los repuestos de operación. La planta trabajará con el stock de seguridad de materiales para garantizar la continuidad de la producción.

**EDIFICIO:** Constará de oficinas, donde trabaja el personal de planta. La misma poseerá una recepcion/administracion.

**LABORATORIO:** Existirán analizadores on-line, por lo cual el laboratorio será básicamente para análisis de agua de servicio, calidad de la materia prima, del proceso y productos y subproducto.

**PLAYA DE CARGA DE CAMIONES:** La misma fue diseñada de manera de poder realizar la carga de dos camiones en simultáneo.

**SALA DE CONTROL:** La misma será el puesto de trabajo de los operadores. Desde allí se controlará el proceso y los mismos tendrán acceso a las pantallas de control.

**Unidad de ALMACENAMIENTO DE Cloruro de Potasio:** Será el punto final de la cadena de producción, su punto estratégico dentro del emplazamiento permite la carga de los camiones que retirarán el producto.

### **7.3.2.2 Flujo de Materiales en Planta**

El sentido de circulación permitirá la descarga de materiales y carga de producto final por parte de camiones. La facilidad de la playa de los camiones permitirá la carga de los mismos sin entorpecer el tránsito dentro de la planta. La portería principal será el ingreso y el egreso de los mismos. Tanto la carga y descarga de camiones dentro de planta nunca entorpecerá la circulación dentro del predio, ni perjudicará el libre tránsito de los trabajadores en sus actividades diarias.

### **7.3.2.3 Distribución de los equipos (proceso)**

Como se ha mencionado, las unidades de proceso siguen un ordenamiento lógico secuencial. Como se puede ver en el lay out de procesos, estas áreas están numeradas de acuerdo a su ordenamiento lógico.

## **7.4 Layout del proceso: distribución de los equipos en el proceso**

La posición de cada uno de los equipos del proceso fue realizada teniendo en cuenta una serie de restricciones generales y distancias mínimas de seguridad. A continuación, se detallan algunos criterios a tener en cuenta.

### **7.4.1 Bombas y motores**

Las bombas y los motores eléctricos que accionan los diferentes equipos deben situarse, en lo posible, en el interior de los edificios, para evitar que puedan sufrir daños debido a factores meteorológicos. Además, es conveniente localizar las bombas en líneas a cada lado de un camino de acceso, con los motores alineados hacia el exterior, para un fácil acceso.

Normalmente las bombas se localizan tan cerca como sea posible y a nivel de piso de los recipientes de los que succionan. Generalmente la elevación será realizada por el tipo de bomba seleccionada, y en relación del servicio y líquido bombeado. En la medida en que sea posible deberá evitarse que las bombas estén localizadas bajo el nivel del piso, ya que esto involucra el trabajo civil costoso (por estructuras de soporte involucradas) y problemas de drenaje. Las bombas localizadas en puntos elevados generalmente causarán problemas de vibración en el diseño de las estructuras.

Cuando se tienen varias bombas deberán localizarse de manera que queden alineadas y estéticamente bien distribuidas. Normalmente bajo el rack de tuberías. En general el equipo

mecánico deberá ser colocado de tal forma que su mantenimiento y operación no sea interferido por problemas de acceso.

#### **7.4.2 Compresores**

Los compresores, debido a su elevado costo, deben instalarse de modo que permitan un rápido desmontaje y posterior montaje, aliviando así la necesidad de proveer de equipos de repuesto. Esto puede lograrse mediante conexiones de succión inferior y descarga, apoyando la máquina en una plataforma de hormigón.

#### **7.4.3 Tanques de almacenamiento**

La materia prima de nuestro proceso (silvinita) será recepcionada en una pileta de 2 m de profundidad (con recubrimiento, para evitar filtraciones). Se recibirá materia prima proveniente del yacimiento a través de conductos de cañerías. El almacenamiento intermedio en recipientes se lleva a cabo frecuentemente en áreas adyacentes a las unidades de proceso con las bombas de transferencia localizadas a lo largo de esta área. Los tanques de almacenamiento, normalmente, deberán estar alejados del área de proceso. Éstos tanques como el resto de los tanques de proceso construidos en hormigón.

Se consideró para definir la distancia entre los tanques, el artículo 9, de la instrucción técnica complementaria MI-IP02, para almacenamiento de líquidos petrolíferos. Donde se considera el fluido a contener por cada tanque como el de menor peligrosidad, tomando para la distancia del tanque de mayor capacidad una distancia de 12,5 m.

#### **7.4.4 Intercambiadores de calor**

Los intercambiadores deberán estar en fila con los ejes de las boquillas de las canales, en un plano vertical común, para presentar una apariencia estética y para facilitar los detalles de tubería.

Cuando se requiera que un intercambiador de calor sea removido como una unidad completa para limpieza y arrastre, deberá proveerse de un adecuado espacio en los extremos para desmantelamiento.

#### **7.4.5 Rack de tuberías**

La configuración del rack, resulta de un plano de integración, de condiciones de terreno, requerimientos y sobre todo de la economía de la planta. La elevación se determina por los requerimientos más críticos de acuerdo a lo siguiente:

- Altura mínima necesaria para cruce de camino.
- Altura mínima necesaria sobre accesos a equipo localizado bajo el rack.
- Altura para interconexion de líneas que están localizadas en el lecho de tuberías a equipo localizado a los lados del rack.

La altura del rack no deberá ser mayor de lo necesario para minimizar la longitud de tuberías verticales.

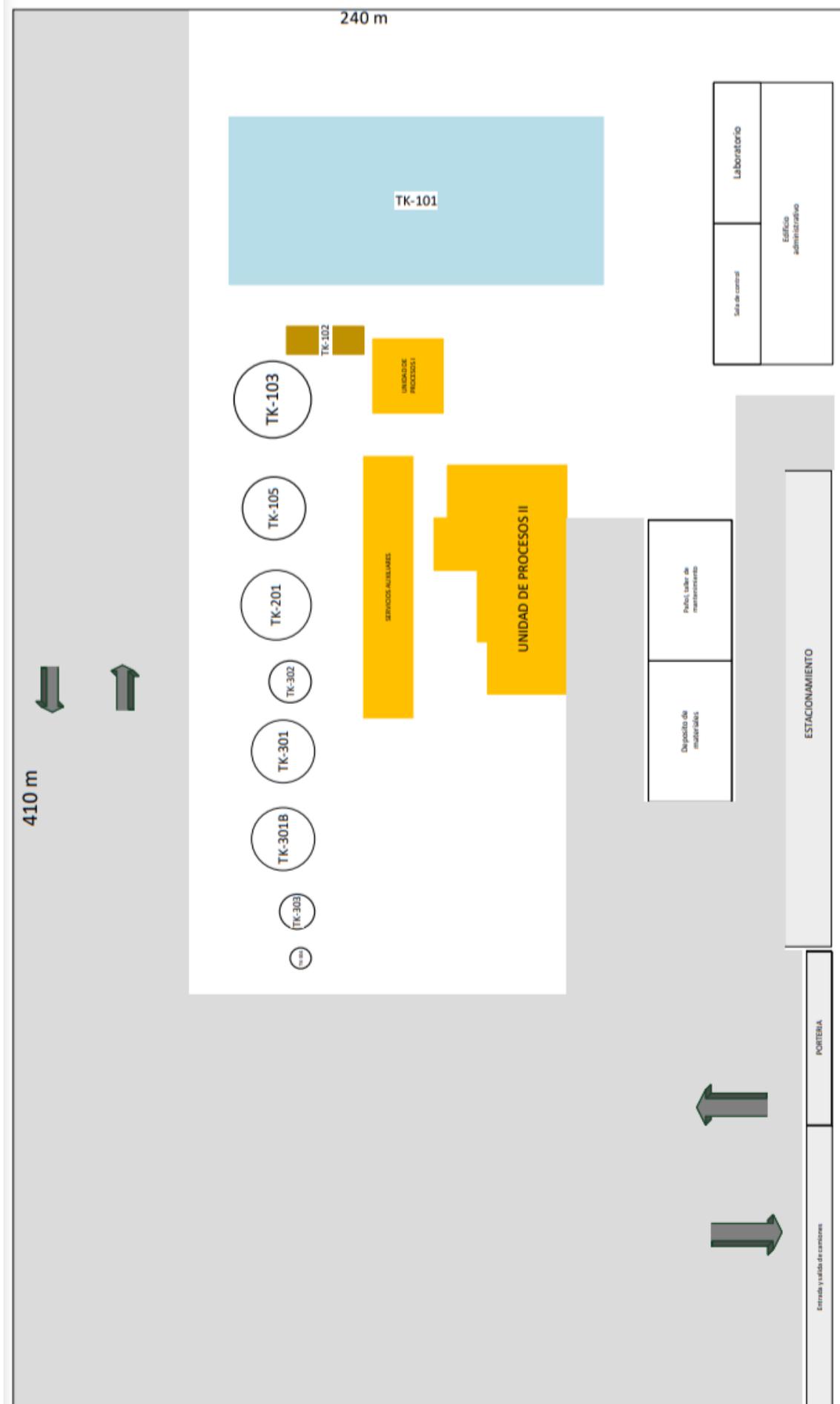
La longitud del rack de tuberías es gobernada por el número y dimensiones del equipo, estructuras y edificios localizados a ambos lados del rack.

Los soportes de tubería deben ser dimensionados para permitir expansiones futuras de la planta y deben ir en paralelo al sistema de caminos para conservar despejadas las áreas de proceso. Si la soportería atraviesa un área que más tarde tendrá cabida para servicios de proceso, se restringirá severamente el espacio disponible para el equipo de proceso.

#### **7.4.6 Futuras Ampliaciones**

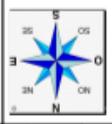
El predio contará con una porción de m<sup>2</sup> libres para futuras inversiones en ampliación de Tamaño y capacidad de Planta, o incorporación de nuevas unidades de proceso.

## **7.5 Lay Out**



Fecha: Noviembre 2020

Proyecto/Integrantes:  
Caballero Ayelen  
Di Giuseppe Maria Serena



Facultad Regional Delta Universidad Tecnológica Nacional

PROYECTO: PLANTA DE PRODUCCION DE CLORURO DE POTASIO

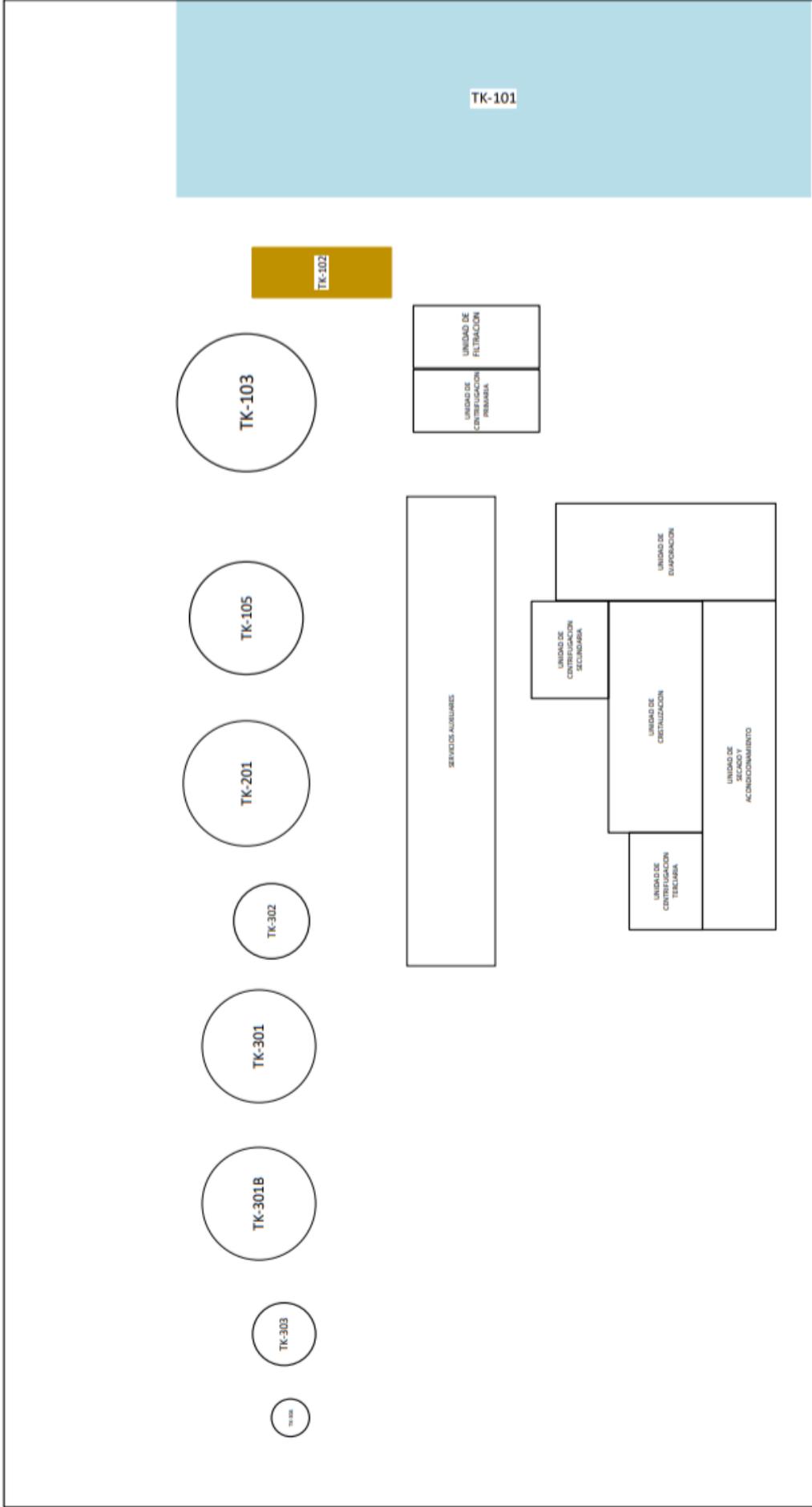
CONTIENE: Lay Out

MATERIALES: N/A

Plano Nro 4

Escala: 1:500

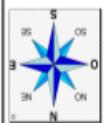




FACULTAD REGIONAL DELTA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

PROYECTO: PLANTA DE PRODUCCION DE CLORURO DE POTASIO  
CONTIENE: Lay Out

MATERIALES: N/A



Fecha: Noviembre 2020

Proyecto/Integrantes :  
Caballero Ayelen  
Di Giuseppe Maria Serena

Plano Nro 3

Escala: 1:300

*Capítulo N° 8:*  
*Estudio y Evaluación*  
*Económica*

## **8. Estudio Económico:**

En este capítulo desarrollaremos la evaluación financiera y económica del proyecto, en donde se integra los resultados de todos los otros componentes del proyecto para permitir la determinación de su viabilidad. Con el fin de desarrollar el análisis, se buscará obtener los siguientes ítems:

- Costos de los equipos Inversión del capital
- Costos de producción
- Ingresos por ventas
- Punto de equilibrio
- Financiamiento de la inversión
- Flujo de caja
- Determinación del VAN y TIR

### **8.1 Costos de los equipos:**

Se utilizó la información obtenida del diseño de los equipos en conjunto con la experiencia de colaboradores e información recopilada de bibliografía. La información de los costos fue obtenida de diferentes páginas de la web en la que permite ingresar diferentes parámetros de los equipos obteniendo el costo total de los mismos, (matche.com), los precios de los mismos son actualizados al 2014, pero como su valor se encuentra en dólares se supone que se encuentran aún en vigencia:

<b>Listado de Equipos</b>			
<b>TAG/EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO</b>
<b>F-101</b>	Filtro prensa	Acero inoxidable	50000
<b>F101B</b>	Filtro prensa	Acero inoxidable	50000
<b>C-001</b>	Centrifugas Pusher	Acero inoxidable	345000
<b>C-202</b>	Centrifugas Pusher	Acero inoxidable	248000
<b>C-301</b>	Centrifugas Pusher	Acero inoxidable	248000
<b>E-201</b>	Evaporador	Acero inoxidable	240000
<b>CR-301</b>	Cristalizador	Acero inoxidable	242900
<b>SE-302</b>	Secador	Acero inoxidable	215300
<b>CD-201</b>	Condensador evaporador	Acero inoxidable	67700
<b>CD-202</b>	Condensador cristalizador	Acero inoxidable	67700
<b>IC-303</b>	Intercambiador de calor recirculación C-301	Acero inoxidable	75300
<b>IC301</b>	Intercambiador de calor ingreso a CR-301	Acero inoxidable	75300
<b>TK-101</b>	Pileta de almacenamiento silvinita		50000
<b>TK-103</b>	Tanque posterior a etapa de filtración	Hormigon	116600
<b>TK-105</b>	Tanque posterior a etapa de C-001	Hormigon	111600
<b>TK-201</b>	Tanque posterior a etapa de E-201	Hormigon	105200
<b>TK-301</b>	Tanque posterior a etapa de C-202	Hormigon	92200

<b>TK-301B</b>	Tanque posterior a etapa de C-203	Hormigon	92200
<b>TK-303</b>	Tanque posterior a etapa de C-301	Hormigon	56400
<b>B-101</b>	Bomba peristaltica ingreso etapa de filtración		83300
<b>B-101B</b>	Bomba peristaltica ingreso etapa de filtración		83300
<b>B-103</b>	Bomba peristaltica ingreso a etapa de centrifugación 1°		78300
<b>B-103B</b>	Bomba peristaltica ingreso a etapa de centrifugación 1°		78300
<b>B-105</b>	Bomba peristaltica ingreso etapa de evaporación		78300
<b>B-105B</b>	Bomba peristaltica ingreso etapa de evaporación		78300
<b>B-201</b>	Bomba peristaltica de E-201 a TK-201		41900
<b>B-201B</b>	Bomba peristaltica de E-201 a TK-201		41900
<b>B-203</b>	Bomba peristaltica ingreso a etapa de centrifugación 2°		41900
<b>B-203B</b>	Bomba peristaltica ingreso a etapa de centrifugación 2°		41900
<b>B-301</b>	Bomba peristaltica de TK-301 a IC-301		25000
<b>B-307</b>	Bomba peristaltica de TK-303 a IC-303		6200
<b>B-307B</b>	Bomba peristaltica de TK-303 a IC-304		6200
<b>B-303</b>	Bomba peristaltica de CR-301 a C-301		21600
<b>B-303B</b>	Bomba peristaltica de CR-301 a C-302		21600
<b>B-305</b>	Bomba peristaltica purga TK-303		10000
<b>B-202</b>	Bomba de vacio evaporador		42200
<b>B-302</b>	Bomba de vacio cristalizador		39200
<b>Ey-201</b>	Eyector Evaporador		8100
<b>Ey-301</b>	Eyector Cristalizador		7600
	Linea final de envasado	Acero inoxidable	21320
<b>Precio Total de Inversión por Equipos</b>			<b>3405820</b>

## **8.2 Inversión de capital:**

Aquí se determinará la inversión de capital basada por un lado en los costos directos. Los mismos son aquellos que se pueden determinar con mayor precisión, y que forman parte de los costos de los equipos anteriormente calculados, en conjunto con las instalaciones, cañerías, el terreno, etc. Este último fue calculado en base a su dimensión (11 hectáreas) y su costo, valuado en U\$50.000 por ser un terreno fiscal, según información estimada, en la ciudad de Malargue en cercarías del Rio Colorado. Por otro lado, tendremos aquellos costos que no pueden calcularse con mayor precisión como lo son los costos indirectos. En este proyecto están comprendidos por ingeniería, gastos de construcción y plan de contingencias. Cabe aclarar que cada uno de los costos fueron obtenidos en base a la inversión de los equipos y a porcentajes mayormente utilizados para proyectos de esta índole. Cada porcentaje fue ajustado para este proyecto en particular.

En resumen, el costo total será la suma de los costos directos e indirectos. También se tendrán en cuenta posibles eventuales y honorarios de contratistas, conformando así la inversión del capital fijo.

La inversión del capital de trabajo se define como la cantidad necesaria de recursos para poder llevar a cabo con normalidad la operación y se estima que se encuentra en el orden del 10 y 20% de la inversión total, de esta forma estamos en condiciones de obtener la inversión de capital fijo y de trabajo, que en suma nos dará la inversión de capital total.

Igualmente, éste último se tendrá en cuenta dentro del primer flujo libre de caja como NOF necesidad operativa de fondo.

<b>COSTOS DIRECTOS (USD)</b>			
<b>Equipos principales</b>			<b>3405820</b>
Montaje de equipos	35-40% del costo de equipos	0,4	1362328
Instrumentación y control	6-35% del costo de equipos	0,35	1192037
Instalación de cañerías y montaje	30-50% del costo de equipos	0,45	1532619
Instalación y montaje eléctrico	10-20% del costo de equipos	0,2	681164
Construcción civil	15-60% del costo de equipos	0,6	2043492
Servicios auxiliares y acondicionamiento del terreno	20-50% del costo de equipos	0,45	1532619
Terreno	Valor estimado		50000
<b>INVERSIÓN DE COSTOS DIRECTOS</b>			<b>8394259</b>

<b>COSTOS INDIRECTOS (USD)</b>			
Gerenciamiento e Ingeniería del Proyecto	5-15% de los costos directos	0,15	1259138,85
Supervisión obra civil y Terceros	7-20% de los costos directos	0,15	1259138,85
Contingencia	5-15% de los costos directos	0,15	1259138,85
<b>INVERSIÓN DE COSTOS INDIRECTOS</b>			<b>3777416,55</b>

<b>INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (USD)</b>	
Costos Directos	8394259
Costos Indirectos	3777416,55
<b>INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (USD)</b>	<b>12171675,6</b>

<b>COSTO DE INVERSIÓN TOTAL (USD)</b>	
Inversión total de equipos	3405820
Inversión de capital fijo	12171675,6
Capital de trabajo	2340953
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>17918448,6</b>

### **8.3 Costos de Producción:**

El control de los costos es de vital importancia para una empresa, ya que esto nos permitir determinar la utilidad que deseamos obtener

### **8.3.1 Costos fijos:**

Los costos fijos son los costos que a corto plazo no dependen de la cantidad que produzca la empresa. Se trata de los costos de sus factores fijos, como por ejemplo, lo es el costo de mano de obra, a continuación, se detalla el costo de mano de obra directa anual:

<b>Puesto de Trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Neto \$</b>	<b>Total, USD/Año</b>
Director	1	450000	68221,6
Gerencia	1	390000	59125,4
Jefe Sector	4	337500	204664,7
Jefe Turno	4	300000	181924,2
Operadores	20	187500	568513,1
Analistas y control de calidad	8	165000	200116,6
Mantenimiento	8	150000	181924,2
Administrativos	9	97500	133032,1
Seguridad e higiene	2	97500	29562,7
<b>Total Mano de Obra Anual USD</b>			<b>1627084,5</b>

Nota: para los cálculos anteriores se contemplaron 13 meses de trabajo (incluyendo aguinaldo), valor de dólar de 85,75 usd y tres turnos de producción.

Agregando a éstos gastos de mano de obra, se tienen en cuenta las cargas sociales de los mismos lo cual establece como valor de referencia un 40% de los gastos de mano de obra, ya que los mismos son netos. Aquí se tienen en cuenta todo lo social acompañado al personal. Además, se deben tener en cuenta los Gastos generales de planta (comedor, transporte, librería, servicio médico en planta, entre otros beneficios). Éstos representan el 50% del costo de mano de obra

### **8.3.2 Costos de Mantenimiento:**

Los gastos anuales de mantenimiento se estiman como un % en base a los costos de la inversión fija (total), el cual varía según la complejidad de la planta. El personal operario y de supervisión afectados al mantenimiento, está incluidos en los gastos del personal, de manera que solo resta incluir los materiales utilizados para realizar el mantenimiento, como así también el alquiler de algunos equipos y servicios de contratistas.

El costo anual de los materiales para mantenimiento se expresa como un % de la inversión total y depende:

Para procesos químicos simples, entre 1-3%, para intermedios 3-5% y para procesos complicados con severos problemas de corrosión y condiciones extremas de operación entre 4-6%, éste último es nuestro caso.

### **8.3.3 Seguros e impuestos locales:**

El costo de fabricación derivado de las aseguradoras hace referencia al hecho de asegurar tanto las instalaciones como equipos y edificios de la planta. Se ha considerado un valor estándar, 0,5% de la inversión total.

### **8.3.4 Depreciaciones:**

El mismo no tiene influencia en el cálculo de los impuestos. Si bien el concepto de depreciación considera que es el medio para proveer los fondos necesarios para reemplazar la planta, hoy en día debido al rápido cambio que sufren los procesos químicos introduciendo nuevas tecnologías, es de dudar que alguna planta química puede ser reemplazada según fuera construida, ya que durante funcionamiento al término de algunos años será obsoleta. Se la calcula de igual manera como Inversión Total/10 años

### **8.3.5 Costes de producción y administración:**

### **8.3.6 Gastos de comercialización y ventas:**

El costo derivado de los gastos de venta del producto. Se tienen en cuenta factores como el marketing destinado al producto y a su comercialización, a los viajes realizados por ventas, etc. Se toma como valor de referencia el 3% de los costos de producción.

### **8.3.7 Gastos administrativos en general:**

El costo derivado del gasto administrativo en general surge de los gastos de los empleados administrativos, se toma un valor estimativo, 3% de los gastos de producción.

<b>COSTOS FIJOS (USD/AÑO)</b>				
<b>Producción</b>	Personal			1627084,5
	Cargas sociales	40% de la mano de obra	0,4	650833,8
	Gastos generales de planta (comedor, enfermería, etc)	50% de la mano de obra	0,5	813542,3
	Mtto y reparaciones	4-6% inversión total	0,06	1075106,9
	Seguros e impuestos	0,5% inversión total	0,005	89592,2
	<b>Subtotal</b>			
<b>Administración</b>	Comercialización y ventas	3-6% costos de producción	0,03	127684,8
	Administrativos en general	3% costos de producción	0,03	127684,8
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>				<b>4511529,4</b>

### **8.3.8 Costos variables:**

Los costos variables son los costos que dependen del nivel de producción de la empresa. Se trata de los costos de factores variables. Aquí calcularemos el costo anual de materias primas y el de los servicios auxiliares:

<b>COSTOS VARIABLES (USD/TON)</b>				
		<b>USD/TON</b>	<b>TON/AÑO</b>	<b>PRECIO(USD/AÑO)</b>
<b>Materia Prima</b>	Silvinita	19	418176	7945344
		<b>USD/unidad</b>	<b>Cantidad/AÑO</b>	<b>PRECIO(USD/AÑO)</b>
<b>Serv Auxiliares</b>	Gas (m3)	0,2	12323985,39	2464797,08
	Electricidad (MWh)	80	2851,2	250905,6
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>				<b>10661046,68</b>

Nota: Se calculó el costo por m3 de gas para todos los equipos que lo necesitarán en función del flujo de calor (evaporador, cristizador, intercambiadores de calor, eyectores, tanques) y el costo de energía eléctrica en función de la potencia de los equipos que se calculó para un total de 24 hs de operación por 330 días de trabajo. También se contempló un 10% de gasto de luminaria para toda la planta.

### **8.4 Ingresos por ventas:**

Se ha calculado en base a la capacidad anual de la planta 48000 ton/año y el precio de mercado internacional del KCl

<b>INGRESOS POR VENTAS (USD)</b>		
<b>PRODUCCIÓN</b>	Precio de Venta por Ton	490
	Capacidad Anual	48000
<b>TOTAL DE INGRESOS POR VENTAS (USD)</b>		<b>23520000</b>

### **8.5 Determinación del punto de equilibrio:**

El punto de equilibrio determina a partir de que volumen de producción, los ingresos por ventas superan a los costos totales comprendidos por los costos fijos y variables, como puede observarse en el gráfico esta situación se alcanza en 18664,38 ton/año, obteniendo un total de ingresos por ventas de US\$ 23.520.000. El punto de equilibrio es donde los ingresos son iguales a los costos. Es el nivel de producción en el que los beneficios por ventas son iguales a la suma de los costos fijos y los variables.

Punto de equilibrio= Costos fijos totales / Precio - Costos variables

La definición de punto de equilibrio puede ser explicada de mejor manera, conociendo algunos conceptos que se plasman en el grafico debajo.

El cálculo de este punto es importante para las empresas pues define el límite mínimo sobre el cual se debe operar, tratando siempre de estar lo más alejado de él. Para el cálculo del punto de equilibrio, se parte de los siguientes supuestos:

- Ingresos y costos tienen un comportamiento lineal.
- Existe sincronización entre el volumen de ventas y el volumen de producción.
- Perfecta diferenciación entre costos fijos y variables
- El cambio de una variable no tiene efecto sobre las demás.
- El modelo se basa sobre la utilización de una sola línea de producción.

Para calcular el punto de equilibrio, se igualan las rectas de costos totales con la de ingresos por ventas.

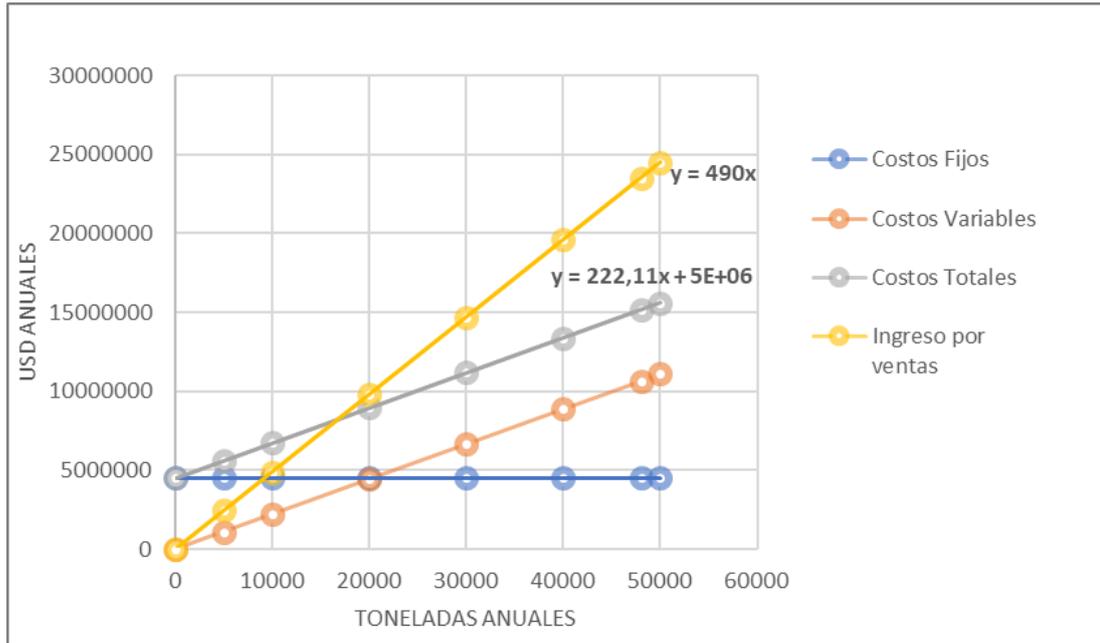
Ecuación de la recia correspondiente a Costos Totales:

$$Y = CV * X + CF$$

Ecuación de la recta correspondiente a los ingresos por ventas

$$Y = \text{Ingresos} * X$$

	<b>Costos Fijos</b>	<b>Costos Variables</b>	<b>Costos Totales</b>	<b>Ingreso por Ventas</b>
X=ton/año	Y= USD/AÑO	Y= USD/AÑO	Y= USD/AÑO	Y=USD/AÑO
<b>0</b>	4511529,385	0,0	4511529,4	0
<b>5000</b>	4511529,385	1110525,7	5622055,1	2450000
<b>10000</b>	4511529,385	2221051,4	6732580,8	4900000
<b>20000</b>	4511529,385	4442102,8	8953632,2	9800000
<b>30000</b>	4511529,385	6663154,2	11174683,6	14700000
<b>40000</b>	4511529,385	8884205,6	13395734,9	19600000
<b>48000</b>	4511529,385	10661046,7	15172576,1	23520000
<b>50000</b>	4511529,385	11105257,0	15616786,3	24500000



Así obtengo el punto de producción mínimo, igualando ambas ecuaciones:

$$Y = CV \cdot X + CF = \text{Ingresos} \cdot X$$

$$X = 18664,38$$

Como conclusión la producción mínima será de (18664,38) tn/año (representa tal 38,8% de la capacidad de producción nuestra)

## **8.6 Flujo Libre de Caja :FLC**

### Consideraciones a tener en cuenta

- Tasa préstamo Kd:

El costo de la deuda financiera Kd es el más sencillo de calcular porque es en definitiva el costo de la deuda que la empresa adquiere cuando solicita un préstamo. Es en definitiva la tasa de interés que el banco o la entidad precursora solicita.

- Tasa propia Ke:

— Algunos accionistas toman el valor del CAPM (Capital Assets Pricing Model o modelo de Valuación de Activos de Capital) que determina cuanta rentabilidad es esperable de obtener para un riesgo determinado.

—  $WACC = TIR + B * (Em - TIR)$

— TIR tasa libre de riesgo del Mercado en general. Generalmente se toma los valores de los bonos del tesoro de los Estados Unidos de Norteamérica.

— B: diversificación del negocio, toma valores de 0.2 para negocios muy diversificados donde el riesgo en general se ve disminuido y 1.0 para muy poca diversificación

— Em: tasa de valor del riesgo del mercado local. Relacionado con el riesgo país (cada 1000 puntos un 10% de Em)

- Tasa Propia en Argentina:

—  $WACC = TIR + B * (Em - TIR) + dE$

Donde:

— TIR tasa libre de riesgo del Mercado en general. Generalmente se toma los valores de los bonos del tesoro de los Estados Unidos de Norteamérica.

— B: diversificación del negocio, toma valores de 0.2 para negocios muy diversificados donde el riesgo en general se ve disminuido y 1.0 para muy poca diversificación.

— Em: tasa de valor del riesgo del mercado local. Relacionado con el riesgo país (cada 1000 puntos un 10% de Em)

—  $dE = (Ef - 1) \times 100$

### Ventajas de pedir préstamo.

Podría pensarse que es conveniente tomar la mayor parte del dinero prestado en vez de capital propio y en realidad esto es falso debido a que cada vez que la empresa adquiere deuda, lo hace en base a los activos que ya posee y eso devenga en que los accionistas apreciaran mayor riesgo y por ende la tasa de interés por ellos requerida se verá aumentada.

Como nosotras incluimos dentro del flujo libre de caja anual la devolución al banco de la deuda pactada con el mismo, cuando realicemos el VAN allí solo se tendrá en cuenta la tasa de los accionistas, sino se tendría en cuenta dos veces la devolución. La tasa de los accionistas es la antes mencionada tasa WACC.

### **8.6.1 Flujo Libre de Caja: FLC**

Se define como el saldo disponible para pagar a los accionistas y para cubrir el servicio de la deuda (intereses de la deuda principal de la deuda) de la empresa, después de descontar las inversiones realizadas en activos fijos y en necesidades operativas de fondos (NOF)

- Ingresos x Ventas
- Costo de las ventas
- Gastos generales

---

=Margen operativo bruto (BAAIT)

- Amortización (\*)

---

=Beneficio antes de impuestos e intereses (BAIT)

- Impuestos

---

= Beneficio neto (BDT) (antes de intereses)

+ Amortización (\*)

-Inversión en A fijos

- Inversión en NOF (\*\*)

---

- **FCL**

(\*): La amortización se resta inicialmente debido a la depreciación que sufre con el tiempo la inversión en inmovilizado (equipos, maquinaria.), por lo tanto, debe recogerse anualmente como un coste a descontar de los beneficios antes de calcular los impuestos que se deben pagar. Pero para calcular el flujo de caja se vuelve a sumar de nuevo, ya que ese gasto no sale en realidad de caja.

(\*\*): Necesidades operativas de fondos (NOF) = Caja + Clientes + Existencias - Proveedores

Si actualizamos los FCL, descontándolos al coste de capital, obtenemos el valor de la empresa.

Cuando se evalúa un proyecto determinado, el FCL del periodo cero, es decir, cuando aún no se empezó a producir equivale a la inversión realizada para montar la unidad productiva. De esta manera, el periodo 0 tendrá un valor negativo porque se invirtió dinero para el montaje, pero no hubo renta positiva neta aún. Incluso es posible que en los primeros periodos el FCL adquiera valores negativos los cuales no serían preocupantes desde que a partir de algún periodo los mismos comiencen a ser positivos.

En el caso de que parte del proyecto esté financiado por un banco, el mismo en general pretende devolver el préstamo en sendas cuotas por periodo que incidirán sobre el FCL del periodo determinado. En este caso el valor de la cuota que se devuelve al banco restará dentro de las devoluciones que se toman como un gasto.

#### Flujo libre de caja

<b>Inversión</b>		<b>17918448,6</b>	<b>U\$S</b>
Accionistas	0,5	8959224,3	U\$S
Banco Nación	0,5	8959224,3	U\$S
Capacidad anual		48000,0	ton/año
Precio		490,0	U\$S/ton
<b>Ingreso x ventas</b>		<b>23520000</b>	<b>U\$S/año</b>

<b>Calculo de costos:</b>			
Materia Prima	Precio(U\$S/Ton)	Cantidad(ton/año)	Total(U\$S/año)
Silvinita	19,00	418176	7945344
<b>Costo total en MP</b>			<b>7945344</b>

	Cantidad	U\$S/año
<b>Costo de personal</b>	57	<b>1627084,5</b>
<b>Costos de carga social ( 40%*costo de personal)</b>		<b>650833,8</b>

	U\$S/año
<b>Costo en energía eléctrica</b>	<b>250905,6</b>
<b>Costo de gas</b>	<b>2464797,078</b>

	U\$S/año
<b>Costo de mantenimiento</b>	<b>0,06*Inversión inicial</b>
	<b>1075106,9</b>

Seguros e impuestos locales	0,01*ingreso por ventas		235200
Gastos generales de planta	0,5*Costos en personal		813542,3
Depreciación	Inversión/10 años		1791844,9
Mejoras del Proceso Productivo	0,02*Inversión Total		358369,0
Gastos de Administración Total	0,06*Costos de producción		285608,2
<b>Costo total</b>		U\$\$/año	<b>17498636,2</b>
Amortización	(Inversión-0,1*Inversión) /10	U\$\$/año	1612660,4
NOF	Costo total/12	U\$\$/año	1458219,7
Devolución al Bco	$A = P \times \frac{(i(1+i)^N)}{(1+i)^N - 1}$	U\$\$/año	1100282,66

Flujo de caja libre para un periodo de 10 años

	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
Volumen de Producción		0,4	0,6	0,8	1	1	1	1	1	1	1
Ingreso x ventas		9408000	14112000	18816000	23520000	23520000	23520000	23520000	23520000	23520000	23520000
- Costo total		-6999454,5	-10499181,7	-13998909,0	-17498636,2	-17498636,2	-17498636,2	-17498636,2	-17498636,2	-17498636,2	-17498636,2
- Devolución al Bco		-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655	-1100282,655
<b>BAIT</b>		<b>1308262,845</b>	<b>2512355,595</b>	<b>3716808,345</b>	<b>4921081,095</b>						
- Amortización		-1612660,4	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37	-1612660,37
<b>BAIT</b>		<b>-304397,524</b>	<b>899875,2255</b>	<b>2104147,976</b>	<b>3308420,726</b>						
-0,35*BAIT		0	-314956,3289	-736451,7914	-1157947,254	-1157947,254	-1157947,254	-1157947,254	-1157947,254	-1157947,254	-1157947,254
<b>BDI</b>		<b>-304397,524</b>	<b>584918,8966</b>	<b>1367696,184</b>	<b>2150473,472</b>						
+ Amortización		1612660,4	1612660,37	1612660,37	1612660,37	1612660,37	1612660,37	1612660,37	1612660,37	1612660,37	1612660,37
<b>FCLN</b>		<b>1308262,845</b>	<b>2197579,266</b>	<b>2980356,554</b>	<b>3763133,841</b>						
-NOF		-1458219,687	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FCL</b>		<b>-8959224,275</b>	<b>2197579,266</b>	<b>2980356,554</b>	<b>3763133,841</b>						

Podemos observar los Flujos de caja acumulados. Sin embargo, no estamos en condiciones aún de determinar si el proyecto es rentable o no

### **8.7 Cálculo del VAN**

VAN o Valor actual neto de una inversión se define como el valor actualizado de la corriente de los flujos de caja que la misma promete generar a lo largo de su vida. Según este criterio una inversión es factible cuando el VAN es mayor que 0, es decir, cuando la suma de todos los flujos de caja valorados en el año 0 supera la cuenta del desembolso inicial (si este último se extendiera a lo largo de varios periodos habrá que calcular también su valor actual)

Si aplicamos este criterio en el análisis de diferentes inversiones alternativas, entonces son preferibles aquellas cuyo VAN sea más elevado, porque serán los proyectos que mayor riqueza proporcionen a los inversionistas de capital y, por lo tanto, que valor aportan a la empresa.

En el supuesto que un proyecto tiene un  $VAN=0$ , ello querrá decir que el proyecto genera los suficientes flujos de caja como para pagar los intereses de la financiación ajena empleada, los rendimientos empleados (dividendos y ganancias de capital de la financiación propia, y devolver el desembolso inicial de la inversión.

Por lo tanto, un VAN positivo implica que el proyecto de inversión produce un rendimiento superior al mínimo requerido y ese exceso irá a parar a los apostadores de la empresa, quienes verán el crecimiento del capital exactamente en dicha cantidad. Es esta relación directa entre la riqueza de los accionistas y la definición del VAN quien hace que este criterio sea tan importante a la hora de valorar un proyecto de inversión.

Una inversión es deseable si crea valor para quien la realiza. El valor actual neto es la expresión monetaria del valor que se crea hoy por la realización de una inversión, es la rentabilidad de la inversión, la variación de la riqueza o valor del proyecto respecto a otras alternativas posibles representadas por el costo marginal del capital. Dicho de otro modo, puede considerarse como el ahorro la inversión, el valor actual del excedente que la empresa obtiene por encima del que lograría mediante la inversión alternativa, representada por  $\dot{I}$ .

Al utilizar esta herramienta es necesario actualizar hasta su valor presente los flujos netos de esperados durante cada uno de los periodos de la vida útil del proyecto, descontándolos al costo marginal del capital y, posteriormente, sustraerle el costo de la inversión inicial.

El resultado será el valor presente neto o valor actual neto. Si el mismo es positivo el proyecto será aceptado, si es negativo será rechazado. Si se tratara de dos proyectos mutuamente excluyentes se implementará el de valor actual neto mayor. En el caso de que, por la aplicación de éste criterio el resultado sea 0, resultará igual la decisión de aceptar o no el proyecto

La determinación del VAN posee sus ventajas muy bien marcadas:

- Sencillez de cálculo (su operatoria se reduce a operaciones matemáticas elementales)
- Tiene en cuenta toda la vida del proyecto y las comentes de liquidez.
- Toma en consideración el carácter temporal de los flujos, es decir, homogeniza los flujos netos de caja refiriéndolos a un mismo momento del tiempo, reduce a una

unidad de medida común cantidades de dinero recibidas en momentos de tiempo diferentes

$$VAN = -A + [FCL1 / (1+r)^1] + [FCL2 / (1+r)^2 + \dots + (FCLn / (1+r)^n)]$$

Siendo=

- A: desembolso inicial
- FC: flujos de caja
- N: número de años (1,2 n)
- r: tipo de interés (tasa de descuento)
- $1/(1+r)^n$  : factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años.
- 

**Si VAN > 0 El proyecto es rentable**

**Si VAN < 0 El proyecto no es rentable**

A la hora de elegir entre dos proyectos, elegiremos aquel que tenga el mayor VAN

$$VAN = - \text{Inversión inicial} + FCL1 / (1+r \text{ accionistas})^1 + \dots + FCLn / (1+r \text{ accionistas})^n$$

### **8.8 Tasa TIR, tasa interna de retorno:**

Se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero. Y se utiliza como complemento al VAN

$$VAN = -A + [FCL1 / (1+r)^1] + [FCL2 / (1+r)^2 + \dots + (FCLn / (1+r)^n) = 0$$

**SI TIR > tasa de descuento (r): El proyecto es aceptable.**

## 8.9 Calculo de VAN y TIR

(RP) (riesgo pais)	0,1332
DE (tasa del banco en USD)	0,06
Inflación ( en USD)	0,02

<b>Camp=RP+De-Inf</b>	
<b>0,1732</b>	<b>(wacc: r) Interes de accionistas (tasa de descuento)</b>

$$\text{VAN} = -\text{Acc} + \text{FCL} / (1 + \text{raccionistas})^1 + \dots + \text{FCLN} / (1 + \text{raccionistas})^n$$

<b>VAN 10 AÑOS</b>	<b>\$ 2.908.310,87</b>
--------------------	------------------------

### Calculo del TIR

$$\text{VAN} = -\text{Acc} + \text{FCL} / (1 + \text{raccionistas})^1 + \dots + \text{FCLN} / (1 + \text{raccionistas})^n = 0$$

TIR: tipo de interes que iguala el VAN a cero y debe ser mayor a la tasa de descuento para resultar un proyecto aceptable

<b>VAN</b>	<b>-6,7E+04</b>	<b>=</b>	<b>0</b>
<b>TIR</b>	<b>0,250</b>		

Como VAN > 0 y TIR > 0 y a su vez es mayor que la devolución que hay que realizar al banco, es proyecto rentable y ademas aceptable

Nota: se utilizó función Solver en Excel para calcular el valor del TIR

De los valores obtenidos se puede decir que el valor positivo del VAN hace que el proyecto sea rentable. En complemento con el TIR el resultado es mayor que la tasa de descuento, el cual lo hace aceptable. Como vimos anteriormente el TIR es el interés que hace cero al VAN. Por esta razón es importante observar cuan mayor es el TIR respecto de la tasa descuento, en este caso es ampliamente superado, por lo tanto, tendremos accionistas con buena perspectiva sobre nuestro negocio, un banco conforme y la planta operando con beneficios satisfactorios.

*Capítulo N° 9*  
*Aspectos de Seguridad y*  
*Medio Ambiente*

## Aspectos de Seguridad y medio Ambiente - ENSAYO DE IMPACTO AMBIENTAL

***“Se considera este proyecto y su consiguiente impacto ambiental estrictamente de alcance académico. La materia se limita solo en el área productiva”***

La elección de nuestro proyecto surge de un estudio detallado de las características y propiedades con las que cuenta el cloruro de potasio. Los fertilizantes que contienen potasio se aplican a los suelos y los cultivos ya sea en el cloruro o el sulfato de la forma, dependiendo del cultivo en particular. El cloruro de potasio se usa más frecuentemente.

Cuando el cloruro de potasio se encuentra junto con el cloruro de sodio (silvinita) y puede considerarse como una impureza de este último, presente en poca o mucha cantidad, el sistema de explotación será el adecuado para la extracción del cloruro de sodio. La recuperación del cloruro de potasio se realiza en las etapas posteriores del procesamiento.

Si entrara en explotación el proyecto podría abastecer el 75% del consumo de Argentina, Paraguay y Uruguay, mientras que las exportaciones a Brasil tendrían como objetivo reemplazar el 5 % de las importaciones.

El proyecto tiene buenas perspectivas ya que el mercado se encuentra en expansión y una parte importante de dicha expansión se encuentra en la región de Sudamérica, especialmente en Brasil. Dicha expansión, junto con la oportunidad de proporcionar un mejor servicio a menores costos que los actuales proveedores lejanos (Canadá, Rusia, Alemania, Israel), constituye la oportunidad de mercado.

### **9. Marco de referencia Seguridad e Higiene**

#### **Ley N° 19587: Higiene y Seguridad en el Trabajo:**

La ley de higiene y seguridad en el trabajo tiene como objetivo con sus normas y procedimientos proteger la integridad física y mental del trabajador, preservando los riesgos de salud que puede tener en su puesto de trabajo y su ambiente físico.

El empleador tiene el deber de salvaguardar la seguridad y está obligado a hacer cumplir la normativa sobre salud y seguridad en el trabajo. Los empleadores y los trabajadores están obligados a tomar medidas legales para evitar los riesgos laborales; reparar cualquier daño que resultase de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales; prevenir eficazmente los riesgos laborales; y asumir compromisos concretos para cumplir con la salud y la seguridad en el trabajo. De esta manera se asegura la disponibilidad de las habilidades y aptitudes de la fuerza de trabajo, y así alcanzar sus objetivos mediante un plan de higiene adecuado, con objetivos de prevención, condiciones de trabajo óptimas y un plan de seguridad de trabajo dependiendo de las necesidades de la organización.

La ley contempla que todas las condiciones de higiene y seguridad se reglamentaran para toda la República Argentina y se llevará a cabo en todo tipo de negocio, maquinaria y puesto de trabajo.

Los establecimientos, los lugares de explotación, centro de trabajo, o puesto de trabajo, serán lugares donde se realicen cualquier tipo de trabajo, con personal permanente, circunstancial, transitorio o eventual de persona física, siempre y cuando tengan el consentimiento expreso del empleador, contemplando como empleador, a toda persona física o jurídica, privada o pública que utiliza a los trabajadores para el beneficio de la empresa en virtud de una relación de trabajo.

La ley de higiene y seguridad comprenderá cualquier norma que tenga por objeto; proteger la vida, preservar y mantener su integridad; prevenir, reducir o aislar riesgos; prevenir accidentes o enfermedades profesionales.

Para cumplir esta ley, debe tomarse como básico la creación de servicios de higiene y seguridad laboral y medicina del trabajo que deben ser preventivas y asistenciales. Se deben crear reglamentos y hacer ramas de este reglamento según el puesto y rama del trabajo. Se debe distinguir los riesgos, agotamientos y lugares insalubres. Se deben normalizar e investigar los términos utilizados en higiene y seguridad clasificando accidentes, lesiones y enfermedades profesionales y así proteger al empleado. Se debe reglamentar las condiciones higiénicas en los puestos de trabajo, como, por ejemplo, la contaminación ambiental, ventilación, temperatura, luminosidad. Se debe reglamentar las condiciones de seguridad en el trabajo, considerándose, la ubicación y conservación de herramientas, instalaciones y artefactos, los equipos de protección personal, protección de accidentes y enfermedades, identificación y rotulación de sustancias nocivas así como también señalamiento de lugares peligrosos y la prevención contra incendios.

En todo establecimiento que tenga 150 o más empleados en proceso de producción, es condición contar con graduados universitarios que presten servicios de Medicina del Trabajo e Higiene y Seguridad en el trabajo, y con carácter interno, es decir, dentro del establecimiento.

La ley obliga al trabajador a cumplir con las normas de higiene y seguridad como el uso y conservación de los elementos de protección personal, someterse a exámenes médicos preocupaciones y periódicos.

El poder ejecutivo nacional dará la reglamentación de la ley 19587/72, dando las condiciones y formas de ejercerlas. Pudiéndose cambiar las mismas o agregar nuevas reglamentaciones, mientras tanto va a continuar rigiendo las normas vigentes. Las infracciones que sean relacionadas a esta ley, serán sancionadas por la autoridad nacional o provincial que corresponda según la ley 18.608 conforme con la ley 18.694.

### **9.1 Riesgos durante el periodo de obra y provisión de servicios básicos durante la operación**

#### **Riesgos En obra:**

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
  
- Choques contra objetos inmóviles
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Ruido
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por o entre objetos
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos

- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Contactos eléctricos
- Incendios
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos con productos químicos
- Ambientes pulvígenos

**Medidas Preventivas:**

Solo el personal autorizado y cualificado podrá operar en los equipos eléctricos, sean cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, de transformadores, máquinas en general, ordenadores, etc.

Utilización de maquinaria y equipos con todas sus partes móviles protegidas y con marcado o en su defecto puesta en conformidad. Las protecciones de las máquinas deben estar correctamente colocadas.

Asegurar el buen estado del material. En caso de avería o mal funcionamiento de un equipo eléctrico, ponerlo fuera de servicio, desconectarlo de la red eléctrica, señalar la anomalía y comunicar la incidencia para su reparación mediante los cauces establecidos. Si es necesario retirar las protecciones (operaciones de engrase y mantenimiento), se deberá parar la máquina y bloquear y/o señalar su dispositivo de arranque.

Asegurarse de la buena planificación de los accesos en la obra para vehículos y peatones, de modo que queden bien diferenciadas las dos vías.

Comprobar el montaje de las vallas y protecciones: redes, horcas, líneas de vida, cerramientos, etc. Comprobar la situación de la construcción y el montaje de instalaciones de higiene y bienestar para los trabajadores. Procurar que se haga un uso correcto de los mismos.

Comprobar que los emplazamientos para la maquinaria fija de la obra sean correctos.

Comprobar el montaje y el desmontaje de los medios auxiliares y de las protecciones que precisen. Comprobar las condiciones de los lugares de trabajo y de los riesgos que no hayan sido salvados, al objeto de proponer soluciones.

Señalar las zonas adecuadas para el acopio de materiales, extremando las precauciones cuando se trate de material inflamable o explosivo.

Controlar los movimientos de tierras y perforaciones (taludes, desmontes, etc.) haciéndolos concordar con el proyecto realizado.

Observar el orden y la limpieza.

Observar y hacer cumplir las medidas de seguridad y encargarse de que todo el personal lleve los elementos de protección individual para el desempeño de cada tarea en concreto. Comprobar la seguridad en las zonas de trabajo de la obra y de la maquinaria, verificando el uso correcto de las medidas de seguridad contempladas en el Plan de Seguridad y Salud.

**Riesgos En Operación:**

**Agua Potable:**

Se entiende por agua para uso y consumo humano la que se emplea para beber, higienizarse y preparar alimentos. Debe cumplir con los requisitos establecidos para el agua potable por las autoridades competentes. En caso de que el agua suministrada provenga de perforaciones o de otro origen que no ofrezca suficientes garantías de calidad, deberán

efectuarse análisis físico-químicos y bacteriológicos al comienzo de la actividad, bacteriológicos en forma semestral y físico-químicos en forma anual.

Se debe asegurar en forma permanente el suministro de agua potable a todos los trabajadores, cualquiera sea el lugar de sus tareas, en condiciones, ubicación y temperatura adecuados.

Los tanques de reserva y bombeo deben estar contruidos con materiales no tóxicos adecuados a la función, contando con válvulas de limpieza y se les efectuará vaciado e higienización periódica y tratamiento bactericida.

Cuando el agua no pueda ser suministrada por red, deberá conservarse en depósitos cerrados provistos de grifos ubicados en cada frente de obra, los que serán de material inoxidable no tóxico, de cierre hermético y de fácil limpieza.

El agua para uso industrial debe ser claramente identificada para evitar su ingesta.

### **Carga Térmica:**

- Carga Térmica Ambiental: Es el calor impuesto al hombre por el ambiente.
- Carga Térmica: Es la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.
- Condiciones Higrotérmicas: Son las determinadas por la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica.

Las condiciones y características de los procesos deberán estar concebidos de manera que la carga térmica se mantenga dentro de valores que no afecten la salud del trabajador, teniendo en consideración la Carga Térmica Ambiental, las condiciones higrotérmicas y restantes aspectos relacionados. A tal efecto se proveerán protecciones ambientales adecuadas a las características y duración de los trabajos.

- Evaluación de la carga térmica: a efectos de conocer la exposición de los trabajadores sometidos a carga térmica, se debe calcular el Índice de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH).  
Se partirá de las siguientes ecuaciones:

1. Para lugares interiores y exteriores sin carga solar.  $TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$

2. Para lugares exteriores con carga solar  $TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS$

Las situaciones no cubiertas en el presente Reglamento, serán resueltas por autoridad competente. Los valores límites del TGBH son aplicables a aquellos trabajadores vestidos, aclimatados al calor, físicamente aptos y con buen estado de nutrición. Esos valores deben modificarse en función de las variantes expuestas a continuación. Los valores de tabla deben sumarse algebraicamente al valor obtenido del TGBH, según el siguiente criterio:

Factores	Modificación del TGBH (°C)
Una persona no aclimatada no físicamente apta	- 2
Ante un incremento de la velocidad del aire:	+ 2
superior a 90 m/min. y temperatura del aire inferior a 35° C	+ 2
Ropa:	- 2
- pantalón corto, semidesnudo	
- ropa impermeable que interfiere la evaporación	
Factores	Modificación del TGBH (°C)

## Ventilación

En todos los establecimientos, la ventilación contribuirá a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador.

- gabardinas	- 4		
- traje completo	- 5		
Obesidad o persona mayor	-1 a -2		
Mujeres	- 1		
La modificación para un aumento de la velocidad del aire no es apropiada con ropa impermeable			
Límites permisibles para la carga térmica:			
Valores dados en °C - TGBH			
Régimen	Tipo de trabajo		
de trabajo y descanso	Liviano	Moderado	Pesado
	-230W	230-400 W	+ 400 W
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75 % trabajo y 25 % descanso, c/hora	30,6	28,0	25,9
50 % trabajo y 50 % descanso, c/hora	31,4	29,4	27,9
25 % trabajo y 75 % descanso, c/hora	32,2	31,1	30,0

Los establecimientos en los que se realicen actividades laborales, deberán ventilarse preferentemente en forma natural.

La ventilación mínima de los locales, determinado en función del número de personas, será la establecida en la siguiente tabla:

PARA ACTIVIDAD SEDENTARIA

Cantidad de personas	Cubaje del local en metros cúbicos por personas	Caudal de aire necesario en metros cúbicos por hora y por persona
1	3	43
1	6	29
1	9	21
1	12	15
1	15	12

PARA ACTIVIDAD MODERADA

Cantidad de personas	Cubaje del local en metros cúbicos por personas	Caudal de aire necesario en metros cúbicos por hora y por persona
1	3	65
1	6	43
1	9	31
1	12	23
1	15	18

Si existiera contaminación de cualquier naturaleza o condiciones ambientales que pudieran ser perjudiciales para la salud, tales como carga térmica, vapores, gases, nieblas, polvos u otras impurezas en el aire, la ventilación contribuirá a mantener permanentemente en todo el establecimiento las condiciones ambientales y en especial la concentración adecuada de oxígeno y la de contaminantes dentro de los valores admisibles y evitará la existencia de zonas de estancamiento.

Cuando por razones debidamente fundadas ante la autoridad competente no sea posible cumplimentar lo expresado en el artículo precedente, ésta podrá autorizar el desempeño de las tareas con las correspondientes precauciones, de modo de asegurar la protección de la salud del trabajador.

Cuando existan sistemas de extracción, los locales poseerán entradas de aire de capacidad y ubicación adecuadas, para reemplazar el aire extraído.

Los equipos de tratamiento de contaminantes, captados por los extractores localizados, deberán estar instalados de modo que no produzcan contaminación ambiental durante las operaciones de descarga o limpieza. Si estuvieran instalados en el interior del local de trabajo, éstas se realizarán únicamente en horas en que no se efectúan tareas en el mismo.

### **Iluminación**

Cuando la iluminación natural no sea suficiente para garantizar la seguridad, debería preverse un alumbrado suficiente y apropiado, incluidas, cuando proceda, lámparas portátiles en todos los lugares de trabajo y en cualquier otro lugar de la obra por el que pueda tener que pasar un trabajador.

En la medida de lo posible, el alumbrado artificial no debería deslumbrar ni producir sombras molestas.

En caso necesario, deberían preverse resguardos adecuados para las lámparas.

Los cables de alimentación del material de alumbrado eléctrico portátil deberían ser de un diámetro y características adecuados al voltaje necesario, y tener una resistencia mecánica suficiente para soportar las rudas condiciones de su utilización en las obras.

### **Ruidos y Vibraciones**

Para proteger a los trabajadores contra los efectos nocivos del ruido y las vibraciones producidos por máquinas y procedimientos de trabajo, los empleadores deberían adoptar diversas medidas, como, por ejemplo:

- a) sustituir máquinas y procedimientos peligrosos por otros que sean menos peligrosos;
- b) reducir el tiempo de exposición a esos riesgos;
- c) proporcionar medios de protección auditiva personal.

Los empleadores deberían considerar los siguientes cambios y mejoras en las máquinas y procedimientos de fabricación:

- a) sustituir las perforadoras y martillos neumáticos por martillos hidráulicos y electroneumáticos;
- b) prever dispositivos de accionamiento y control remotos para los vibradores, martillos neumáticos y perforadoras;
- c) prever aislamiento acústico y mejorar el diseño en lo tocante a las descargas de aire comprimido, las hojas cortantes, los escapes de motores de combustión interna y los propios motores;
- d) mejorar los medios de asir, empuñar y manejar las herramientas manuales con el fin de reducir los efectos de las vibraciones, y mejorar los amortiguadores de vibración en los mandos y asientos de los vehículos.

Para reducir el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido y las vibraciones, los empleadores deberían otorgar preferente atención a los trabajadores que:

- a) utilicen compresores, martillos perforadores, perforadoras neumáticas y herramientas análogas;
- b) estén sometidos a ruidos de fuerte impacto, tales como los producidos por herramientas clavadoras accionadas por cartuchos;
- c) utilicen herramientas vibratorias manuales, especialmente las que se apuntan hacia arriba o se emplean en un medio ambiente frío.

Cuando los trabajadores estén expuestos a los efectos nocivos del ruido y las vibraciones, los empleadores deberían proporcionarles equipo personal de protección que incluya:

- a) protectores de los oídos, de conformidad con las leyes y reglamentos nacionales, que puedan utilizarse con cascos de seguridad;
- b) en el caso de las vibraciones, guantes de protección apropiados.

### **Instalaciones Eléctricas**

Todos los materiales, accesorios, aparatos e instalaciones eléctricos deberían ser fabricados, construidos, instalados y mantenidos en buenas condiciones por una persona competente, y utilizarse de forma que se prevenga todo peligro.

Tanto antes de iniciar obras como durante su ejecución deberían tomarse medidas adecuadas para cerciorarse de la existencia de algún cable o aparato eléctrico bajo tensión en las obras, o encima o por debajo de ellas, y prevenir todo riesgo que su existencia pudiera entrañar para los trabajadores.

El tendido y mantenimiento de cables y aparatos eléctricos en las obras deberían realizarse conforme a lo dispuesto en las leyes y reglamentos nacionales.

Todos los elementos de las instalaciones eléctricas deberían tener dimensiones y características conformes a los requisitos exigidos en materia de electricidad y adecuadas a los fines a que puedan destinarse, y en particular deberían:

- a) tener una resistencia mecánica suficiente, habida cuenta de las condiciones reinantes en las obras;
- b) resistir la acción del agua y del polvo, así como los efectos eléctricos, térmicos o químicos que hayan de soportar en las obras.

Todos los elementos de las instalaciones eléctricas deberían construirse, instalarse y mantenerse de manera que se prevenga todo peligro de descarga eléctrica, incendio o explosión externa.

En cada obra, la distribución de la corriente eléctrica debería hacerse mediante un interruptor debidamente aislado que permita interrumpir la corriente de todos los conductores, sea de fácil acceso y pueda cerrarse con candado en la posición de «parada» («desconectado»), pero no cuando está «en marcha».

La alimentación eléctrica de cada aparato debería estar provista de un mecanismo que permita interrumpir la corriente de todos los conductores en caso de urgencia.

En todos los aparatos y tomas de corriente eléctricos deberían indicarse claramente el voltaje y la función correspondientes.

Cuando no pueda identificarse claramente la disposición general de una instalación eléctrica, deberían identificarse los circuitos y aparatos mediante etiquetas u otros medios eficaces.

Deberían diferenciarse claramente los circuitos y aparatos de una misma instalación accionados por diferentes voltajes, por ejemplo utilizando distintos colores.

Deberían tomarse precauciones adecuadas para impedir que las instalaciones eléctricas reciban de otras instalaciones una corriente de voltaje superior a la exigida. Siempre que lo exija la seguridad, las instalaciones eléctricas deberían estar protegidas contra el rayo.

Los cables de los sistemas de señalización y de telecomunicación no deberían tenderse utilizando los mismos soportes que para los cables de transmisión de energía de alta y mediana tensión.

En los lugares donde la atmósfera entrañe riesgo de explosión y donde se almacenen explosivos o líquidos inflamables deberían instalarse únicamente equipo y conductores incombustibles.

Deberían colocarse en lugares apropiados uno o varios avisos en los que se:

- a) prohíba a las personas no autorizadas entrar en los locales donde esté instalado el equipo eléctrico y tocar o intervenir en el manejo de aparatos eléctricos;
- b) den instrucciones sobre las medidas que han de tomarse en caso de incendio, salvamento de personas que estén en contacto con conductores bajo tensión, y reanimación de las que hayan sufrido un choque eléctrico;
- c) indique la persona a la que habrá de notificarse todo accidente causado por la electricidad o cualquier hecho peligroso y la manera de ponerse en contacto con dicha persona.

Deberían colocarse avisos apropiados en todos los lugares donde entrañe peligro el contacto o proximidad con las instalaciones eléctricas.

Las personas que hayan de utilizar o manipular equipo eléctrico deberían estar bien informadas sobre todos los peligros que entrañe su uso

## **9.2 Marco de Referencia Medioambiental**

### **Legislación que se aplica y normas a implementar desde el punto de vista ambiental:**

- Ley Nacional General del Ambiente N° 25675

*“La ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sostenible en Argentina. Asimismo, establece un marco general sobre información y participación en asuntos ambientales, la responsabilidad por daño y la educación ambientales, como así, la realización de un estudio de impacto ambiental.”*

- Ley Provincial del Ambiente (Provincia de Mendoza) N° 5961

*“La Ley 5961 de la provincia de Mendoza consagra el derecho de todos los habitantes a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (art. 5 inciso e), para cuya concreción es necesario consagrar los instrumentos legales que permitan el ejercicio de ese derecho;*

*Que el poder de policía ambiental alcanza con la Ley 5961 su pleno ejercicio, instaurando en nuestro ordenamiento institucional la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) como el procedimiento destinado a identificar e interpretar, así como prevenir, las consecuencias a los efectos que (sic) acciones o proyectos que puedan causar el equilibrio ecológico*

*Que la evaluación del impacto ambiental surge como una herramienta indispensable de la planificación física, en orden al comportamiento de la naturaleza donde se busca emplazar las futuras actividades humanas.*

*Que esta idea se entronca con modalidades institucionales, existentes desde antaño como puede ser el ordenamiento territorial y las autorizaciones previas para la construcción, habilitación y operación de establecimientos fabriles.*

*Que la Ley 5487, modificatoria del art. 1 de la Ley 3489, que crea, entre otros, al Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda, en su art. 5 atribuye al Ministerio de Medio Ambiente: la competencia para elaborar una política destinada a crear las condiciones para prevenir, proteger y conservar la naturaleza y el hábitat humano, como también el uso y*

*aprovechamiento de los recursos naturales y la defensa contra los desastres. En otros términos, sienta los principios rectores de la política ambiental a seguirse en nuestra provincia.*

*Que entre las atribuciones puntuales fijadas en la Ley 5437 en su artículo 5, inciso K, se estatuye la de: "Aprobar los proyectos de obras públicas o de particulares con incidencia ambiental", lo cual implica la obligación de toda persona pública o privada a presentar los informes a manifestaciones de Impacto Ambiental en los proyectos de obras y/o actividades que degraden o puedan degradar el medio ambiente.*

*Que debe partirse de la base que la prevención y control de los desequilibrios ecológicos y el deterioro del ambiente, son indispensables para preservar los recursos de la Provincia y asegurar el bienestar general de su población.*

*Que en virtud de que la Evaluación de Impacto Ambiental es también un procedimiento destinado para identificar, las consecuencias a los efectos que obras o actividades puedan causar al equilibrio ecológico o al deterioro del ambiente, indispensables para preservar los recursos de la Provincia y asegurar el bienestar general de su población.*

*Que la participación social se incorpora a través de las Audiencias Públicas, a fin de lograr que las Declaraciones de Impacto Ambiental recojan todas las experiencias de la comunidad.*

*Que para garantizar el ejercicio de la participación se establece un sistema de información pública a través del cual, todos los habitantes pueden acceder libremente a las manifestaciones y demás documentación involucrando (sic) en el proceso.*

*Que además, se impone la consulta o el dictamen técnico, tanto sea a personas calificadas por su experiencia técnica en algún campo del saber, como a entidades científicas y universitarias, públicas o privadas y su decreto reglamentario 1741/96 exigen la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para todas las Industrias establecidas o a establecerse en el ámbito de la provincia y que hayan sido encuadradas dentro de las categorías 2 o 3 de acuerdo con la normativa indicada más arriba. La EIA es el paso imprescindible para la obtención de Certificado de Aptitud Ambiental, y por ende, la habilitación para el funcionamiento de la industria."*

- Cumplimiento de las normas ISO 14001 : Sistema de Gestión Ambiental.

*"La norma ISO 14001 proporciona la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental, y ayuda a controlar, mediante su reducción o eliminación, los impactos que producen sus actividades en el medio ambiente, logrando mayor sostenibilidad, favoreciendo el desarrollo de tecnologías limpias, mejorando el manejo de todos los aspectos ambientales y el cumplimiento de la legislación ambiental vigente. Además de mejorar su comportamiento ambiental de forma continua, y permite implantar un enfoque sistémico para establecer metas y objetivos ambientales, la consecución de estos y demostrar que se ha conseguido."*

Se puede utilizar para satisfacer los objetivos externos como:

- Proveer seguridad en situaciones ambientales a actores externos como clientes, la comunicación y las agencias u organismos reguladores.
- Cumplir con las regulaciones ambientales.
- Soporte a las reclamaciones y comunicaciones de la empresa sobre sus propias políticas ambientales, planes y acciones.
- Proporciona un marco para demostrar la conformidad mediante las declaraciones de conformidad de proveedores, evaluaciones de conformidad por un actor externo, como un cliente de negocios, y para la certificación de conformidad por parte de un organismo de certificación independiente.

Los beneficios de implementar un Sistemas de Gestión Ambiental:

- **Ahorro de costes:** La norma ISO 14001 puede aportar un ahorro en los costos mediante la reducción de basuras y una utilización mucho más eficiente de los diferentes recursos naturales como puede ser la electricidad, el agua, y el gas. Las empresas que se encuentran certificadas en la norma ISO 14001 están mejora situadas de cara a posibles multas y penas futuras por incumplimiento de la legislación ambiental, y a una reducción del seguro por la vía de demostrar una mejora gestión del riesgo.
- **Reputación.** Como hay un conocimiento público de las normas, además puede significar una ventaja competitiva, creando más y mejores oportunidades comerciales.
- **Involucración del personal:** se mejora la comunicación interna y puede encontrar un equipo mucho más motivado mediante las sugerencias de mejora ambiental.
- **Mejora continua:** realizar una evaluación de forma regular asegura que se pueda supervisar y mejorar el funcionamiento ambiental en las organizaciones.
- **Cumplimiento:** la implementación de la norma ISO 14001 demuestra que las empresas cumplen con una serie de requisitos legales. Esto puede mitigar los riesgos a lo que se puede enfrentar una organización, con respecto a actos judiciales o penales.
- **Sistemas integrados:** la norma ISO 14001 se alinea con otras normas de sistemas de gestión con la norma ISO 9001 o la norma OHSAS 18001 de seguridad y salud en el trabajo, lo que proporciona una más efectiva y eficiente gestión de sistemas en general.

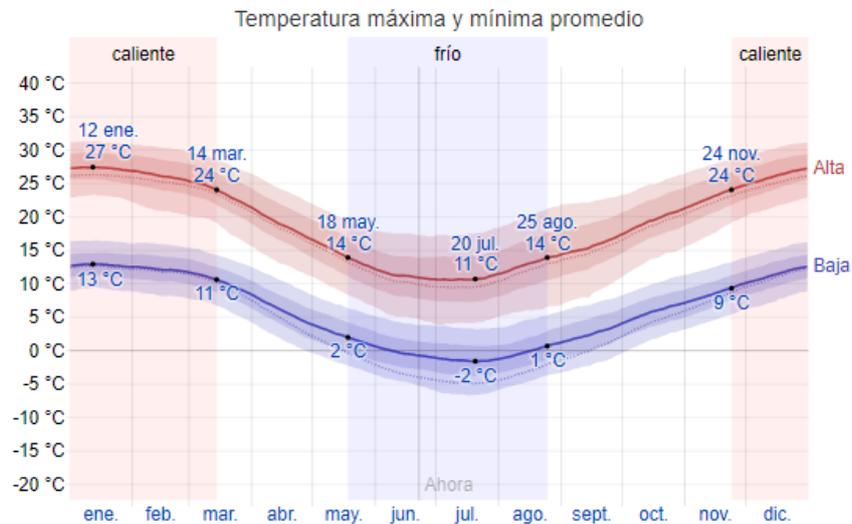
### **9.3 Evaluación del medioambiente**

#### **Medio ambiente Físico: Caracterización climática**

##### **Temperatura**

La temporada templada dura 3,7 meses, del 24 de noviembre al 14 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 24 °C. El día más caluroso del año es el 12 de enero, con una temperatura máxima promedio de 27 °C y una temperatura mínima promedio de 13 °C.

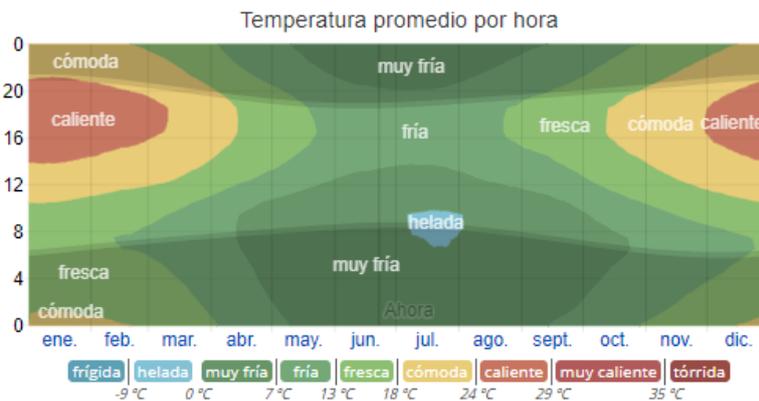
La temporada fría dura 3,2 meses, del 18 de mayo al 25 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 14 °C. El día más frío del año es el 20 de julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima promedio de 11 °C.



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.



La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

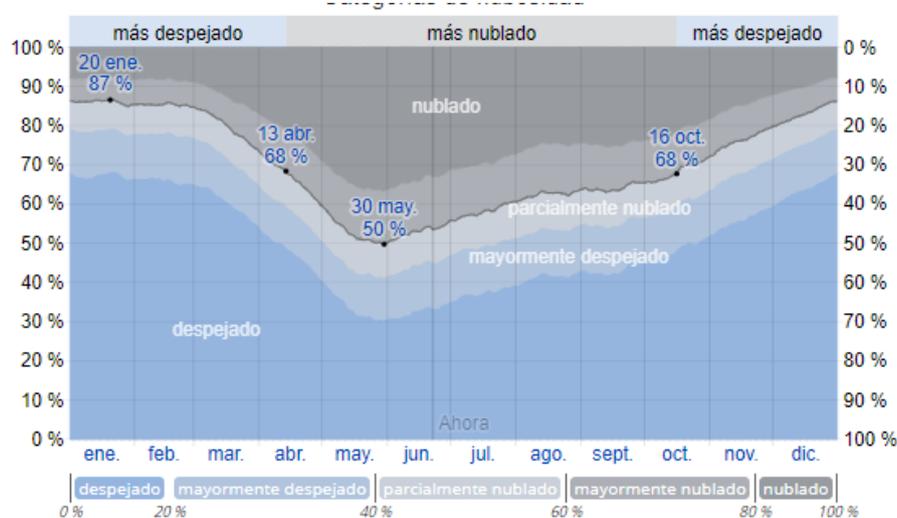
## Nubes

En Malargüe, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en Malargüe comienza aproximadamente el 16 de octubre; dura 5,9 meses y se termina aproximadamente el 13 de abril. El 20 de enero, el día

más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado parcialmente nublado el 87 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 13 % del tiempo.

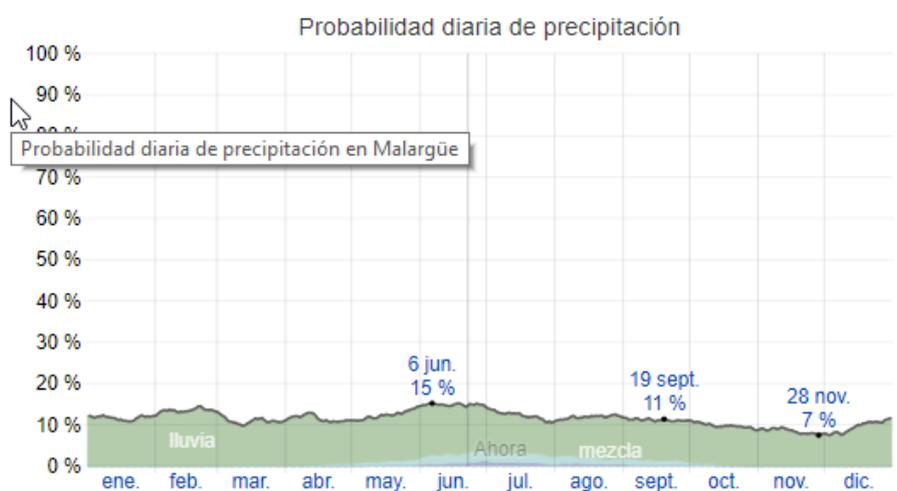
La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 13 de abril; dura 6,1 meses y se termina aproximadamente el 16 de octubre. El 30 de mayo, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 50 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 50 % del tiempo.



El porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado según el porcentaje del cielo cubierto de nubes.

## Precipitación

En Malargüe la frecuencia de días mojados (aquellos con más de 1 milímetro de precipitación líquida o de un equivalente de líquido) no varía considerablemente según la estación. La frecuencia varía de 7 % a 15 %, y el valor promedio es 11 %.



El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

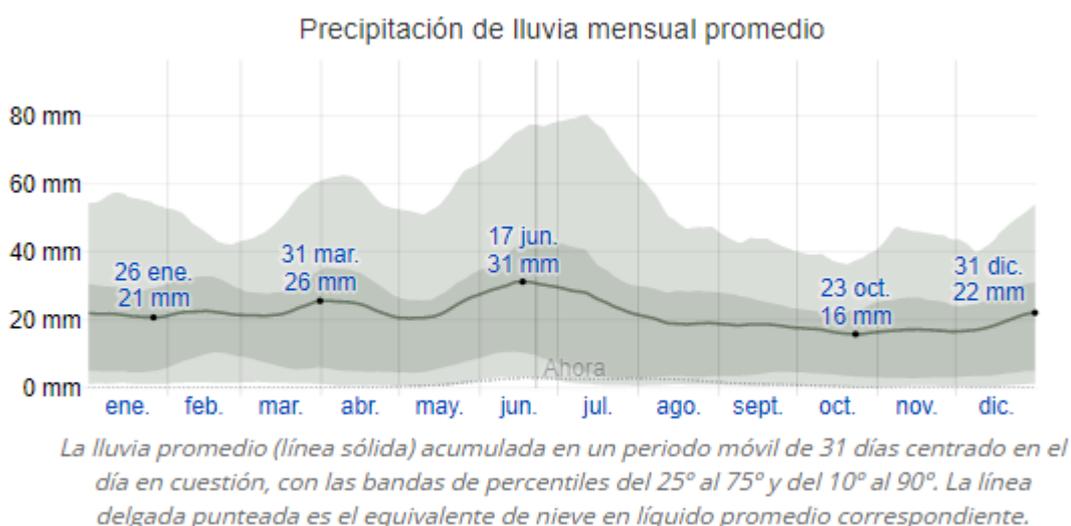
Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen *solamente lluvia*, *solamente nieve* o una *combinación* de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es *solo lluvia*, con una probabilidad máxima del 14 % el 21 de febrero.

### Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Malargüe tiene una variación *ligera* de lluvia mensual por estación.

Llueve durante el año en Malargüe. La *mayoría de la lluvia* cae durante los 31 días centrados alrededor del 17 de junio, con una acumulación total promedio de 31 milímetros.

La fecha aproximada con *la menor cantidad de lluvia* es el 23 de octubre, con una acumulación total promedio de 16 milímetros.



### Nieve

La cantidad de nieve equivalente en líquido en un periodo de 31 días móvil en Malargüe no varía considerablemente durante el año, y varía de 2 milímetros a 2 centímetros.

### Sol

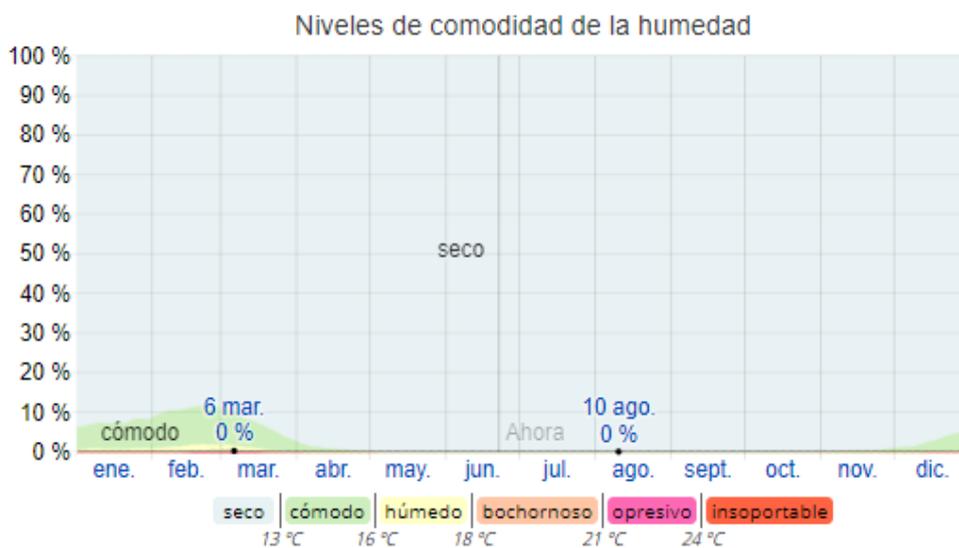
La duración del día en Malargüe varía considerablemente durante el año. En 2019, el día más corto es el 21 de junio, con 9 horas y 45 minutos de luz natural; el día más largo es el 22 de diciembre, con 14 horas y 34 minutos de luz natural.

La salida del sol más temprana es a las 6:15 el 6 de diciembre, y la salida del sol más tardía es 2 horas y 32 minutos más tarde a las 8:48 el 29 de junio. La puesta del sol más temprana es a las 18:31 el 12 de junio, y la puesta del sol más tardía es 2 horas y 26 minutos más tarde a las 20:57 el 6 de enero

## Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Malargüe, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es *bochornoso*, *opresivo* o *insoportable*, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %.



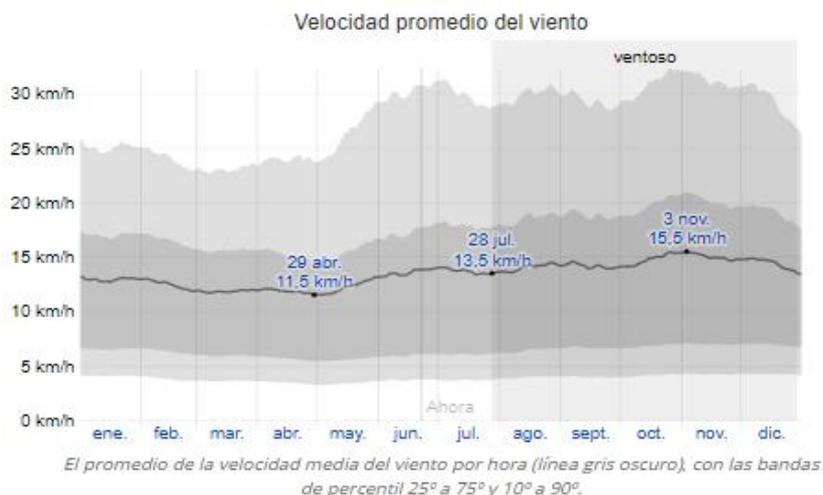
## Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Malargüe tiene variaciones estacionales *leves* en el transcurso del año.

La parte *más ventosa* del año dura 5,0 meses, del 28 de julio al 29 de diciembre, con velocidades promedio del viento de más de 13,5 kilómetros por hora. El día *más ventoso* del año es el 3 de noviembre, con una velocidad promedio del viento de 15,5 kilómetros por hora.

El tiempo más *calmado* del año dura 7,0 meses, del 29 de diciembre al 28 de julio. El día más *calmado* del año es el 29 de abril, con una velocidad promedio del viento de 11,5 kilómetros por hora.



La dirección del viento promedio por hora predominante en Malargüe es del oeste durante el año.



### **Periodo de cultivo**

Las definiciones del periodo de cultivo varían en todo el mundo, pero para fines de este informe, lo definimos con el periodo continuo más largo de temperaturas sin heladas ( $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) del año (el año calendario en el hemisferio norte o del 1 de julio al 30 de junio en el hemisferio sur).

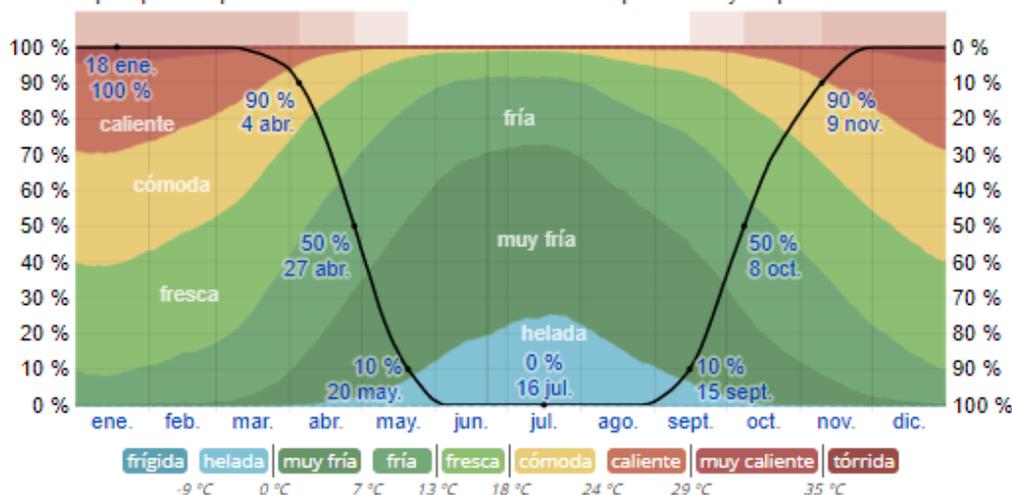
El periodo de cultivo en Malargüe normalmente dura 6,6 meses (203 días), desde aproximadamente el 8 de octubre hasta aproximadamente el 27 de abril, rara vez comienza antes del 15 de septiembre o después del 9 de noviembre y rara vez se termina antes del 4 de abril o después del 20 de mayo.

Los grados día de crecimiento son una medida de la acumulación de calor anual que se usan para predecir el desarrollo de las plantas y los animales y se define como la integral

térmica por encima de una temperatura base, descartando el exceso por encima de una temperatura máxima. En este informe usamos una base de 10 °C y un tope máximo de 30 °C

En base únicamente a los grados día de crecimiento, en Malargüe las primeras flores brotan alrededor del 31 de agosto y rara vez brotan antes del 19 de agosto o después del 19 de septiembre.

↳Tiempo que se pasa en diferentes bandas de temperatura y el periodo de cultivo



El porcentaje de tiempo que se pasa en diferentes bandas de temperatura. La línea negra es el porcentaje de probabilidad de que un día dado esté dentro del periodo de cultivo.

### **Energía solar**

Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en una área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales *extremas* durante el año.

El período *más resplandeciente* del año dura 3,4 meses, del 1 de noviembre al 14 de febrero, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 8,1 kWh. El día *más resplandeciente* del año es el 27 de diciembre, con un promedio de 9,4 kWh.

El período *más obscuro* del año dura 3,6 meses, del 29 de abril al 16 de agosto, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 4,1 kWh. El día *más obscuro* del año es el 15 de junio, con un promedio de 2,8 kWh.

### **Topografía**

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Malargüe son latitud: -35,475°, longitud: -69,584°, y elevación: 1.420 m.

La topografía en un radio de 3 *kilómetros* de Malargüe contiene solamente variaciones *modestas* de altitud, con un cambio máximo de altitud de 70 *metros* y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 1.421 *metros*. En un radio de 16 *kilómetros* contiene solamente variaciones *modestas* de altitud (643 *metros*). En un radio de 80 *kilómetros* contiene variaciones *enormes* de altitud (3.657 *metros*).

El área en un radio de 3 *kilómetros* de Malargüe está cubierta de *tierra rasa* (57 %), *pradera* (17 %), *árboles* (13 %) y *arbustos*(13 %), en un radio de 16 *kilómetros* de *tierra rasa* (33 %) y *arbustos* (23 %) y en un radio de 80 *kilómetros* de *tierra rasa* (30 %) y *árboles* (21 %).

### **9.3.1 Calidad aire en el establecimiento**

Las emisiones gaseosas de la planta liberados a la atmosfera no representan riesgo ya que se trata de elementos y compuestos inertes, como nitrógeno, anhídrido carbónico y vapor de agua. Eventualmente y solo en casos de emergencias por corte de energía eléctrica se ponen en funcionamiento los grupos electrógenos de planta.

### **9.3.2 Geología- Geomorfología**

La geomorfología proporciona una descripción explicativa y un inventario detallado de su dominio: la zona de interfase entre la litósfera y la atmósfera. El estudio de las geoformas y de los procesos morfogenéticos y morfodinámicos, fuertemente influenciados por la biosfera y las actividades humanas, supone el entendimiento de los flujos de materia y energía que se encuentran en la base de la dinámica ambiental.

El estudio de estos flujos, elemento indispensable de las investigaciones geomorfológicas no es de su incumbencia exclusiva. La acción antrópica se ha convertido en la gran modificadora de la dinámica ambiental y exige un enfoque interdisciplinario, única actitud posible para entender la complejidad de las relaciones causa - efecto y para resolver la contradicción entre la unidad de los fenómenos naturales y los antrópicos y nuestra división artificial entre disciplinas. Se convierte así la Geomorfología en el nexo indispensable para entender la relación entre los fenómenos estudiados por las ciencias de la tierra y las ciencias de la vida, situándose en el punto de partida de los inventarios de los recursos naturales y en la base del conocimiento de la relación entre los sistemas naturales y los culturales.

El relieve es un factor de caracterización ambiental relevante en Mendoza ya que condiciona fuertemente las posibilidades de uso del territorio: por una parte, presenta una gran heterogeneidad y, por otra, de los aproximadamente 150.000 km<sup>2</sup> del territorio provincial; más del 50% se encuentra por sobre los 1000 metros sobre el nivel mar. A esto debe sumarse las condiciones climáticas rigurosas de aridez y semiáridas, que limitan la edafogénesis.

En la base de la clasificación de regiones naturales se encuentra la combinación de los rasgos geomorfológicos, climáticos, edáficos y bióticos. De este modo se diferencian unidades homogéneas, geos bioclimáticas, con diferentes posibilidades desde el punto de vista de los asentamientos humanos y las actividades productivas.

Considerando los grandes dominios morfoclimáticos y biogeográficos de la provincia, se puede articular el territorio en tres unidades bien diferenciadas, cada una de ellas dividida en

subunidades de menor jerarquía, determinadas estas últimas fundamentalmente por las variaciones del relieve:

1. Las montañas en el oeste.
2. Las planicies y depresiones en el centro y este.
3. Las mesetas y volcanes de la Payunia o ambiente de la Patagonia mendocina, penetrando como una cuña en el sur.

El sector definido como montañas y Payunia, en el oeste y el sur, bajo la acción del anticiclón del Pacífico, coincide con las Provincias Fitogeográficas Andina y Patagónica. Las planicies centrales y orientales están condicionadas climáticamente por la influencia del anticiclón del Atlántico y desde el punto de vista fitogeográfico corresponden a la Provincia del Monte (Roig, F., 1972).

Interesa destacar, por otra parte, los procesos morfodinámicos y morfogenéticos que están modelando estas estructuras: por una parte los que están más influenciados por factores exógenos (climáticos): erosión hídrica, eólica, escurrimiento, geocriogénesis (acción del hielo) y los que están determinados por factores endógenos (tectónica, vulcanismo). Estos últimos determinan riesgos naturales tan importantes como el riesgo sísmico y volcánico, mientras que los primeros son relevantes en los riesgos de degradación de suelos y desertificación.

### **9.3.3 Geología Regional**

La Cuenca Neuquina, cuyo relleno sedimentario se produjo entre el Triásico superior y el Terciario inferior, tuvo entre sus ciclos evolutivos un período en el que se acumuló una potente secuencia evaporítica en gran parte de su superficie. De esta secuencia y en el sector centro oriental, en lo que es hoy el sur de la provincia de Mendoza y centro-norte de la provincia del Neuquén, se han preservado los niveles con sales de potasio que Minera TEA S.A.M.I.C.A. y F. ha estudiado desde el año 1976.

Actualmente, la empresa Potasio Río Colorado S.A., ha consolidado derechos mineros, distribuidos sobre el sector que reúne las mejores condiciones conocidas en cantidad, calidad de mineral, leyes y condiciones estructurales para la aplicación del método de *solution mining*.

Desde 1990 se intensificaron los trabajos de exploración adicionales sobre el sector elegido para iniciar la producción por el método de minado por disolución. Hoy la empresa cuenta con la información proveniente de un total de 14.164 m perforados en 17 pozos, con 762 m de testigos recuperados y registro sísmico efectuado sobre 110 km de líneas sísmicas.

El yacimiento con sales de potasio es parte de la secuencia sedimentaria conocida como Cuenca Neuquina.

Los sedimentos que la conforman fueron acumulados durante 160 millones de años, entre el Triásico superior y el Terciario inferior, y se encuentran hoy distribuidos en parte de las provincias de Neuquén, Mendoza, La Pampa y Río Negro.

De su compleja y prolongada historia geológica nos interesa particularmente el período comprendido entre 112,5 y 107 Ma AP (Aptiano), en el cuál la conexión de la cuenca con el mar abierto se encontraba restringida y se sucedieron episodios de inundaciones y desecación que posibilitaron la acumulación de términos principalmente evaporíticos y clásticos o carbonáticos en condiciones hipersalinas que reconocemos como Formación Huitrín.

### **9.3.4 Geología del Depósito**

Esta zona cercana al río Colorado muestra un relieve mesetiforme, con alturas cercanas a los 1.000 m sobre el nivel del mar.

La columna geológica del lugar, comprobada en numerosas perforaciones, muestra desde boca de pozo, 50 m de un fanglomerado pleistoceno, 700 m de pelitas y psamitas del Grupo Neuquén del Cretácico superior, 60 m del miembro clástico de la Formación Rayoso y 220 m de las alternancias de Anhidrita, Halita y clásticos que integran el miembro Evaporíticos de la misma formación. Por último, los miembros superiores de la Formación Huitrín con más de 170 m de espesor total.

En el área de la mina el paquete sedimentario y mineralizado, se presenta prácticamente sin deformaciones e inclina 1,5° al suroeste.

#### **Estratigrafía de la Formación de Huitrín**

Se distinguen en ella 4 unidades (figura 3) que nombradas desde su base hacia su techo son el Miembro Chorreado, constituido por calizas hacia el borde de cuenca y pelitas acumuladas en condiciones hipersalinas seguidas por evaporitas (anhidrita) hacia el centro de la misma. A esta unidad le sigue el Miembro Troncoso inferior, con sedimentos clásticos eólicos y fluviales hacia el borde y evaporitas (anhidrita y halita) hacia el interior de la cuenca.

El Miembro Troncoso superior está integrado por anhidrita y más de 100 m de halita, con una etapa de máxima restricción en la que se acumularon sales de potasio, y probablemente de magnesio, en las zonas más deprimidas de la cuenca.

Una renovación de las salmueras continuó con la acumulación de halita, hasta que un cambio en las condiciones hidrológicas de la cuenca posibilitó la acumulación del Miembro La Tosca, con una delgada capa de pelitas en su base y hasta 50 m de calizas en un mar relativamente somero y con alta salinidad.

En relación con el estudio del yacimiento, revisten especial importancia las características y distribución de los Miembros Troncoso superior y La Tosca, dado que en el primero se encuentra incluida la mineralización de Potasio y el segundo constituye un nivel que ha facilitado la interpretación de la información sísmica.

Se distinguen en el primero a los Sulfatos Basales y la Sal Principal. En el segundo a la Arcilla Guía y la Caliza La Tosca.

Los sulfatos basales conforman un cuerpo tabular de anhidrita laminar o nodular con amplia distribución en la cuenca. En la zona del yacimiento su espesor varía entre 7 y 15 metros. El contacto con el miembro suprayacente es neto. Es un importante sello hidráulico inferior de la formación salina.

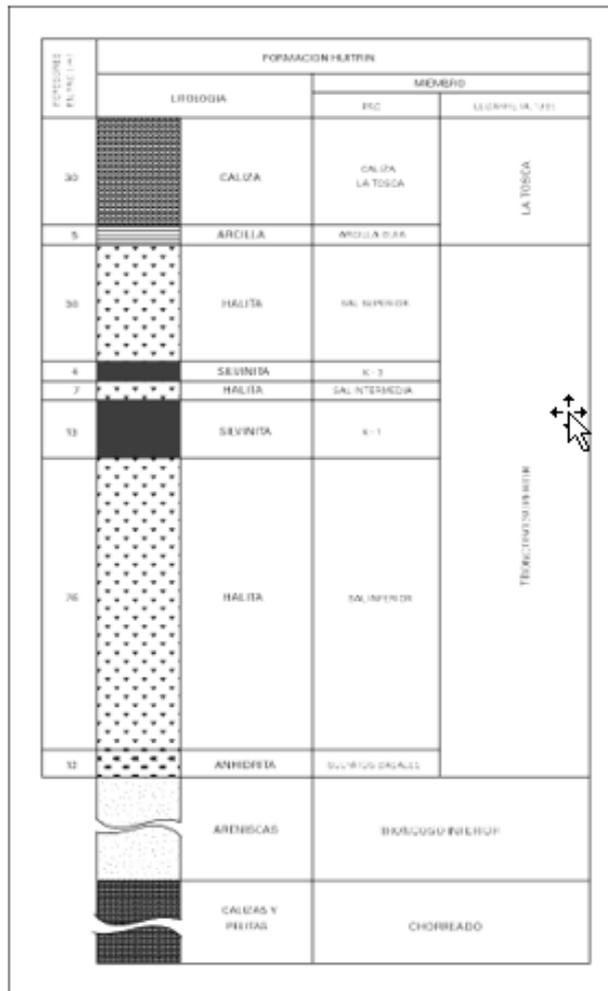


Figura 3. Secuencia estratigráfica de la Formación Huitrín.

### Sal Principal

La secuencia principal está integrada principalmente por cloruros de sodio y potasio con delgadas capas de anhidrita y arcillas subordinadas. Algunas de estas últimas se pueden correlacionar en pozos alejados decenas de kilómetros. El espesor de este miembro es del orden de los 150 metros.

El perfil típico en el área de la mina, y más allá de ella, muestra que los dos tercios inferiores están formados por halita con delgadas y esporádicas intercalaciones de anhidrita, al que llamamos Sal inferior. Se han testiguado algunos metros de su techo, y en ellos se verifica que la halita se presenta en cristales transparentes y blanquecinos, bandeada. En la base del tercio superior se encuentra la mineralización de potasio, exclusivamente bajo la forma de silvita (KCl), en proporciones que van desde un 10 hasta un 60% junto con halita, formando la roca llamada silvinita. Se distribuye en dos capas, designadas K-1 y K-3, separadas por 5 a 8 m de halita con menos del 5% de silvita, y que identificamos como Sal Intermedia. Estos niveles con silvinita se encuentran a profundidades cercanas a 1.100 m b.b.p. (cota -220 m s.n.m.). En esta zona, la temperatura de la formación en los niveles mineralizados alcanza los 57°C.

El tercio superior de la Sal Principal, o Sal Superior, del cual se disponen varios metros de testigo, está integrado por halita anaranjada hasta blanco lechosa y transparente con delgadas intercalaciones de anhidrita (hasta un máximo de 60 cm de espesor) y de arcillas. Los cristales de halita son en su mayoría anhedrales y su tamaño varía entre pocos milímetros y 3 centímetros.

El espesor de este miembro ronda los 30 metros. Existe un excelente nivel guía de arcilla que se reconoce a lo largo de toda la cuenca. En el área de la mina tiene entre 4 y 6 m de espesor de arcillas verde grisáceas, laminadas, margosas hacia la base. El contacto con la sal principal es neto, junto con la caliza La Tosca constituyen el sello hidráulico superior de la formación salina.

La unidad con mayor expresión areal de la Formación Huitrin es la caliza La Tosca y en el área de la mina se presenta como una capa continua de 28 a 32 m de espesor. En PRC se encuentra a profundidades de 1.050 m b.b.p. (cota -150 m s.n.m.), configurando un plano que inclina 1,5° en dirección oeste-suroeste

### **9.3.5 Mineralización**

La mineralización de potasio en el área de la mina se encuentra distribuida en dos capas, llamadas K-1 y K-3.

Su mineralogía es simple, con la presencia exclusiva de silvita, mezclada con halita. En sentido vertical se distinguen variaciones texturales menores, tales como cambios en el tamaño y forma de los cristales en la proporción de silvita y halita, en su color por la presencia o ausencia de hematita cubriendo los cristales de silvita y en la concentración de arcillas diseminadas. Estas variaciones se correlacionan aún en pozos alejados del área elegida para la mina.

La capa K-1 es para el proyecto la más importante por su continuidad lateral y su regular distribución de espesores y leyes. Su espesor varía entre 11 y 15 m y los tenores en potasio, expresado en  $K_2O$ , oscilan alrededor del 25%.

La capa K-3, separada de la K-1 por 5 a 8 m de halita con bajo contenido en silvita, tiene una distribución comparativamente más irregular, tanto en espesores como en su ley en potasio. El espesor varía entre 3 a 5 m y su ley promedio es 17 a 22 %  $K_2O$ . Su mineralogía es similar, con sólo la presencia de silvita como mineral portador de potasio.

La tabla 1 presenta una comparación entre los yacimientos de potasio de Canadá y Argentina, atendiendo que Canadá tiene las mejores reservas del mundo en potasio conocidas a la fecha, además de ser los mayores productores y muy competitivos, es importante ver la similitud de los yacimientos.

Items	P.R.C.	CANADA
Profundidad (m)	750 - 1150	960 - 1650
Potencia (m)	12 - 25	6 - 30
Ley K <sub>2</sub> O	20 - 32	20 - 30
Insolubles (%)	1 - 1,5	6 - 8
Temperatura de formación (°C)	44 - 57	27 - 55
Techo de sal (m)	25 - 30	6 - 30
Acuíferos	sin importancia	muy importantes
Clima	semiárido continental	frío riguroso
Distancia a puertos (km)	850	2.000

Tabla 1. Comparación entre yacimientos de ClK de Canadá y Potasio Río Colorado.

## 9.4 Medio Biológico

### Flora y Fauna

En Malargüe, el marcado contraste entre la cordillera, llanura y la zona volcánica destacan tres regiones biogeográficas bien definidas: La región del monte ocupa el noreste del departamento con representantes florísticos como el Algarrobo y en cuanto a la fauna es común observar al Piche o quirquincho, la región Andina al oeste está representada por el Chacay y el Molle la fauna representativa de esta zona es el cóndor emblema de nuestra cordillera y la región Patagónica desde el centro al sur del departamento tiene ejemplares de flora al solupe y el coirón alimento de guanacos y choiques

## 9.5 Medio ambiente socioeconómico y de infraestructura

### 9.5.1 Densidad Poblacional

Según el censo del 2010 del INDEC, el municipio de Malargüe tiene 27.660 habitantes, de los cuales 21.619 corresponden al tipo *urbano*, 452 a *rural agrupado* y 5.589 a *rural disperso*. Según la misma fuente, la localidad de Malargüe propiamente dicha cuenta con 21.619 habitantes, abarcando la totalidad de la población urbana del municipio. Por su población Malargüe es el 6º aglomerado de la provincia de Mendoza y uno de los municipios con mayor crecimiento demográfico del país en la última década

Nombre	Estado	Población Proyección 2010-07-01	Población Proyección 2015-07-01	Población Proyección 2019-07-01
Malargüe	Departamento	28.151	31.486	34.029

Superficie: 41.317 km<sup>2</sup> – Densidad: 0,8236/km<sup>2</sup> [2019] – Incremento: +1,96%/año [2015 → 2019]

 Departamento Malargüe: Departamento in Argentinien



### **9.5.2 Usos ocupación del suelo**

Dentro de los componentes de una ciudad, el uso del suelo expresa la utilización del espacio urbano y es altamente dinámico. Su localización y distribución no es igual en todas las ciudades ni tampoco homogéneo en el interior de ellas, situación a la que no es ajena la ciudad de Malargue.

El código de Planeamiento Urbano de Malargue, constituye una pieza legal para la puesta en práctica de los objetivos referidos al uso y ocupación del suelo. Las disposiciones de este Código se aplican a la propiedad privada y a las personas de derecho público cualquiera fuera la afectación de sus bienes. El objetivo del Código es imponer racionalidad y orden con miras al bienestar general, proveyendo para cada actividad las mejores condiciones de desenvolvimiento y estabilidad futuras.

### **9.6 Zonificación**

La ciudad de Malargue, se divide en zonas con características propias, en particular en los alrededores de la planta los usos asignados por el Código son los siguientes:

- Industrial: zona destinada a actividades manufactureras y de servicio que por sus características admiten ser localizadas en el tejido urbano, se establecen los grados de molestia aceptados, límites de contaminantes atmosféricos y condiciones ambientales requeridas para cada caso.
- Industrial 1: Constituye la zona industrial típica donde estas actividades pueden alcanzar su máximo desarrollo y comodidad de operaciones ya que no se superpone con ningún otro uso que sea incompatible con las mismas. Grados de molestia I, II, III, IV, V.
- Industrial 2: Industrias de mediana envergadura tendientes a afirmar las características existentes del parque industrial. Grados de molestia II, III, IV, V.
- Industrial 3 (13) Industrias de cierta magnitud que no producen altos grados de molestias (III, IV, y V)
- Residencial Mixta (KM): Zona donde se compatibilizan las áreas de vivienda con la industria- taller. Con uso dominante como vivienda- taller y/o comercio. Grado de molestias III, IV y V.
- Usos Públicos (UP): Corresponde a zonas destinadas a espacios verdes o parqueados de uso público.
- Distritos Áreas Especiales (AE): Son usos que actualmente se desarrollan en forma puntual, con características muy definidas, en áreas claramente identificadas.

- Extraurbana de equipamiento (EUs): Áreas próximas a los núcleos urbanos, destinada a permitir asentamiento de servicios para la ciudad. Se permite la implantación de actividades destinadas a cubrir los usos complementarios de las áreas urbanas como Planta Depuradora de líquidos cloacales, grandes depósitos de servicios públicos nacionales y provinciales, etc.

### **Comunicaciones y Servicios**

El departamento tiene una extensión de 41.317 kilómetros cuadrados, lo que lo convierte en el más grande de la provincia de Mendoza y en el segundo más grande de toda la Argentina, tras el departamento Deseado (Santa Cruz).

Limita al norte y noreste con el departamento de San Rafael, al este con la provincia de La Pampa, al sur y sudoeste con la provincia de Neuquén y finalmente al oeste, con la República de Chile.

El yacimiento Rio Colorado está ubicado en el sur de la provincia de Mendoza y norte de la provincia de Neuquén, en una región caracterizada por una topografía de suaves pendientes. En el área del proyecto se dispone de agua proveniente del Rio Colorado mediante una concesión de la provincia de Mendoza de 1m<sup>2</sup>/s, energía eléctrica del sistema interconectado de la Neuquén en 132 KW, gas natural existente en el sitio de la mina, un yacimiento petrolero y de gas de YPF, potencialmente proveedor de gas natural.

Con referencia a la infraestructura en caminos actualmente se está completando un plan de construcción y asfalto de caminos que vincula el área del proyecto con el ferrocarril Ferrosur Roca a través de 290 km de caminos asfaltados. Esta situación lleva a plantear el transporte de productos por caminos, hasta el ferrocarril y desde allí al puerto de Bahía Blanca.

Los suministros básicos y servicios de terceros pueden ser abastecidos desde las ciudades del sur de Mendoza: San Rafael, General Alvear y desde Neuquén.

La mano de obra especializada para la operación de la planta es posible requerirla en ciudades como Neuquén, Chos Malal, Malague, General Alvear y San Rafael.

### **9.6.1 Organismos de seguridad y control**

En el Departamento de Malargue se ubica la Comisaria Tercera, y en su capital, Malargue, el Destacamento policial. Ambas instituciones cuentan con patrullas móviles y son las más cercanas a la zona. La Asociación de Bomberos Voluntarios, depende operativamente de Defensa Civil de San Rafael, se aboca al control de siniestros de distinta complejidad, incluyendo los que se puedan desarrollar en el complejo Industrial. La Prefectura Naval Argentina, ejerce la función de Policía de Seguridad de la navegación, controlando todo lo que hace a la seguridad de buques, aviso a navegantes, función de policía de seguridad en los Puertos y cumplimientos de leyes nacionales.

### **9.6.2 Equipamiento Sanitario**

Malargue cuenta con un hospital de autogestión Descentralizado (según ley Provincial 6015/93), dependiente del Ministerio de Salud de la Provincia de Mendoza, que brinda atención de salud de mediana complejidad. Es responsable de la protección, recuperación y rehabilitación de la salud de los habitantes del departamento de Malargüe, como único centro asistencial público.

El Hospital Malargue forma parte de la Red Hospitalaria de la provincia de Mendoza, con nivel de atención de mediana complejidad. Desarrolla actividades asistenciales de recuperación y rehabilitación, realiza actividades de docencia y de investigación, participa en Programas Provinciales de Promoción y Protección de la Salud, Programas específicos como: Diabetes, Chagas, Tuberculosis y es efector priorizado del Programa Sumar.

Concreta prestaciones como neurocirugía de urgencia, tomografía computada, ecografía, terapia intensiva, y cuenta con una guardia permanente. Además, brinda atenciones complementarias como kinesiología y fonoaudiología. Posee equipos de radiología, electrocardiogramas y ambulancia que permite el traslado de cualquier paciente.

### **9.7 Caracterización de residuos del proceso**

Se considera para nuestro de proceso de separación la generación de residuos:

#### **Sólidos:**

- Rechazos de filtros y centrifugas provenientes de las etapas previas a la etapa de evaporación y cristalización compuestas en su mayoría barros y arenas.
- Cloruro de sodio obtenido en la etapa de precipitación selectiva durante la etapa de evaporación
- Finos provenientes de la etapa de secado, que puedan producirse por tareas de mantenimiento, paradas programadas y no programadas.
- Descartes producidos durante la etapa de envasado (bolsas, embalaje, residuos de cloruro de potasio)

#### **Líquidos:**

- Purga del proceso de centrifugación a la cristalización que contiene agua, cloruro de potasio, cloruro de sodio y sales inertes solubles e insolubles
- Purgas de sistema de enfriamiento y sistemas de generación de vapor

- Escorrentias provenientes de limpieza de planta y/o que contenga restos de aceites/combustibles proveniente de los equipos y su mantenimiento
- Aceite usado

Gaseosos:

- Particulado de cloruro de potasio proveniente del proceso de envasado
- Emisiones de dióxido de carbono, NOx, SOx, SH2 provenientes de procesos de combustión como motores, generador y/o caldera

### **9.8 Caracterización y tratamiento de los efluentes**

Las corrientes de salida de un proceso industrial o de un sistema municipal (particularmente en el caso del agua utilizada en el proceso o sistema) es considerada “agua residual”. El agua residual contiene típicamente una mezcla compleja de sólidos y sustancias disueltas resultantes del uso del agua. Para reducir los efectos nocivos que el agua residual (y sus componentes contaminantes) pueden producir, es necesaria alguna forma de tratamiento.

El sistema de tratamiento primario incluye varios tipos de equipos de tratamiento físico-químicos dependiendo de los componentes en el agua residual. Frecuentemente, el agua residual industrial contiene cantidades de sustancias químicas perjudiciales, resultantes del proceso industrial; algunas sustancias químicas pueden ser suspendidas, mientras otras son disueltas en esta agua residual.

El tratamiento físico-químico remueve partículas disueltas y suspendidas contenidas en el agua residual. agua tienen que ver principalmente con el procesamiento (microbiano) biológico del sistema de agua residual primario del efluente, el cual se convierte en el influente del sistema de agua residual secundario. Durante el tratamiento de agua residual secundario, se debe considerar el proceso de lodos activados, en el cual los organismos microbianos, bajo condiciones ambientales propias, realizan una función de descontaminación de agua residual. Las descripciones de varias formas de tratamiento secundario de agua residual, acompañadas por las ecuaciones químicas involucradas y las tablas relacionadas con el proyecto de equipos y parámetros de desempeño, aclaran la evaluación de los procesos y equipos del tratamiento secundario de agua residual

Dependiendo de los objetivos de calidad de agua del tratamiento de agua residual, pueden requerirse procesos adicionales. Este Tratamiento de Agua Residual Avanzado generalmente involucra coagulación química y floculación

Las plantas de tratamiento de agua proporcionan un proceso eficiente de coagulación y floculación del agua cruda al adicionar algunas sustancias químicas, así como una mezcla turbulenta de agua tratada químicamente. La coagulación común y los químicos de la floculación incluyen sales metales basadas en aluminio y hierro, así como polímeros orgánicos. Los cálculos asociados con la intensidad de mezcla también son presentados.

#### **Tratamiento de Agua Residual Industrial**

Entre las principales razones para practicar el tratamiento de agua residual industrial se incluyen:

- La reducción del flujo de contaminación existente.
- La expansión de las plantas industriales o el aumento de la producción.

- La reutilización del agua.
- La reutilización y la recuperación del producto.
- La reducción de las descargas
- Reducción de descargas residuales nocivas y tóxicas.

Los siguientes componentes residuales pueden estar implicados en el control de la contaminación industrial y el tratamiento residual, dependiendo de la naturaleza de la industria y sus residuos.

**Exceso de alcalinidad o acidez de los residuos** —tanto el pH bajo como el alto son deletéreos para la vida acuática; el ácido mineral y la descarga alcalina pueden afectar la capacidad reguladora natural de alcalinidad del agua.

**Sólidos suspendidos** —la turbidez transmitida, el material sedimentario y las condiciones perturbadoras para aguas. Si son orgánicas, contribuirán a presionar la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) en flujos recibidos.

**Sustancias orgánicas solubles** —típicamente causan la depleción del oxígeno disuelto en las aguas receptoras al estimular el crecimiento y la respiración de las células microbianas. Frecuentemente expresado como demanda bioquímica de oxígeno (BOD) o demanda química de oxígeno (COD).

**Rastros de contaminantes orgánicos** — pueden transmitir gusto y olores censurables a las aguas receptoras usadas para suministrar el agua potable; pueden ser tóxicos para la vida acuática o para el agua de cañería.

**Metales pesados y cianuros** —a veces presentes en procesos industriales de efluentes, representan toxicidad para la vida acuática y para los usuarios de suministro de agua receptora.

**Color y turbidez** —componentes presentes en algunos residuos industriales en pequeñas concentraciones pueden degradar la calidad del agua receptora por la leve extinción y los efectos en la estética y la vida acuática.

**Nitrógeno y fósforo** —el amoníaco en el agua es muy tóxico para los peces. Tanto el nitrógeno como el fósforo estimulan el crecimiento de algas, lo que puede degradar lagunas, lagos y la calidad del agua.

**Sustancias orgánicas refractarias** —pueden contribuir con la contaminación de la corriente creando espumas, toxicidad y resistencia a la biodegradación.

**Materia aceitosa y flotante** —pueden degradar la vida acuática en cantidades pequeñas y pueden causar problemas estéticos, de sabor y olor en fuentes de suministro de agua.

**Materiales volátiles** —el sulfuro de hidrógeno gaseoso es tóxico, y otros gases volátiles en los residuos pueden causar la contaminación del aire.

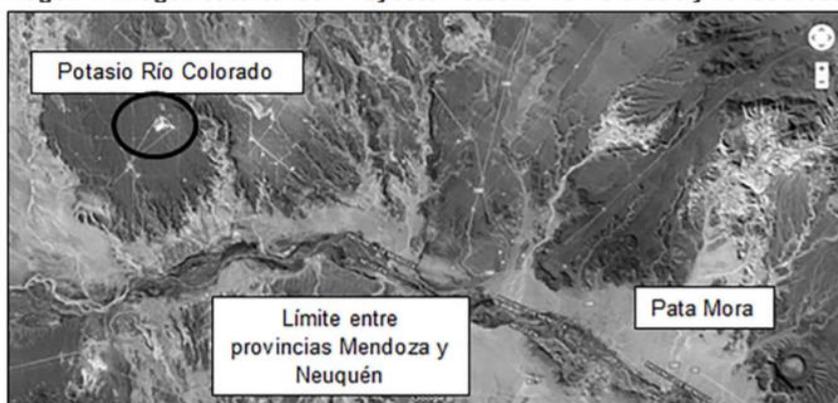
**Temperatura** — el agua más caliente o fría que la temperatura ambiente puede afectar la vida acuática.

### **9.9. Impactos del proyecto**

El alcance de los impactos analizados en este proyecto es el tratamiento posterior a la extracción minera de silvinita del yacimiento, ya que se considera la recepción de la misma como la etapa inicial de nuestro proceso

El yacimiento donde se realizará la extracción de la solución de silvinita, se ubica en el extremo sur de la provincia de Mendoza, próximo al Río Colorado y a la localidad Pata Mora en el departamento de Malargüe. Motivo por el cual, la planta de tratamiento de silvinita y producción de Cloruro de Potasio, se ubicará en dicha zona.

**Imagen 1. Imagen satelital del Proyecto Potasio Río Colorado y zonas aledañas**



Para el proceso de producción cloruro de potasio, se recepcionará como materia prima una solución llamada silvinita, la cual es obtenida a través de la llamada minería por disolución, un método de explotación que consiste en bombear agua caliente hacia la zona que contiene el mineral desde 1.100 metros a 2500 metros de profundidad. Allí y con la acción del agua, los minerales son disueltos para luego ser ascendidos hacia la superficie a través de un pozo de recuperación. Es así que el proyecto minero previo al proceso de separación de la sal en cuestión, contempla la excavación de pozos, donde se inyectará agua a presión, logrando la extracción de ambas sales (cloruro de potasio más cloruro de sodio). Ya en superficie las dos sales serán separadas mediante diferentes operaciones unitarias, el cloruro de sodio se acumulará en un repositorio para luego ser vendido a muy bajo costo a la empresa Solvay Indupa ubicada en la localidad de San Antonio Este en Río Negro, quien lo utilizará como materia prima para producir carbonato de sodio, mientras que la sal potásica se tratará a través de cristalización evaporativa y luego será transportada a destino final.

En este proceso de separación el agua que se utilizará para servicios auxiliares es la procedente del Río Colorado, ubicado a escasos kilómetros de la planta y que llegará a través de ductos. Por otro lado, se considera la disponibilidad de servicios de gas y tendido eléctrico de alta tensión.

## **9.10 MSDS- HOJA DE SEGURIDAD: CLORURO DE POTASIO**

### **SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA**

#### **1.1 Identificador del producto**

Nombre del producto: CLORURO DE POTASIO

CAS: 7447-40-7

Sinónimos: Monocloruro de Potasio; Muriato de Potasio

#### **1.2 Usos del Producto**

Recomendaciones de Uso: Según instrucciones del proveedor o del fabricante.

### **SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS**

#### **2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

##### **CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado**

Este producto no cumple los criterios para clasificarse en una clase de peligro con arreglo a la Resolución 801/2015 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, dependiente del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. Sin embargo, se facilitará una ficha de datos de seguridad a pedido.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

**Pictograma:** NINGUNO

**Palabra de advertencia:** NINGUNA

## 2.3 Otros peligros

Ninguno.

# SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

## 3.1 Sustancia

Cloruro de potasio (CAS 7447-40-7): 97 - 100% - Not classified

## 3.2 Mezcla

No aplica.

# SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

## 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Si presenta dificultad respiratoria suminístrele oxígeno. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 20 minutos. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 20 minutos, mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quítesela después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca, y dé de beber agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

## 4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: puede producir irritación.

Contacto con la piel: puede producir resecamiento de la piel.

Contacto con los ojos: puede causar irritación por abrasión mecánica.

Ingestión: no se conocen efectos.

## SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### 5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO<sub>2</sub>. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El producto y sus embalajes que arden en espacios cerrados por períodos largos puede producir cantidades de monóxido de carbono que llegan al límite inferior de explosividad (monóxido de carbono LEL = 12,5% en el aire). Bajo ciertas condiciones, cualquier polvo en el aire puede ser un riesgo de explosión.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

#### 5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los embalajes para evitar la ignición si fueron expuestos a calor excesivo o al fuego. Retire los embalajes si aun no fueron alcanzados por las llamas, y puede hacerlo sin riesgo.

Enfríe los embalajes con agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido, removiendo los restos hasta eliminar los rescoldos.

Prevenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

#### 5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

#### 5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como óxidos metálicos, cloro, cloruro de hidrógeno y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

## SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

#### 6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

#### 6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Usar equipo de respiración autónoma de protección dérmica y ocular. Usar guantes protectores impermeables. Ventilar inmediatamente, evitando la generación de nubes de polvo. No permitir la reutilización del producto derramado.

Tener en cuenta la información y recomendaciones de las secciones 5 y 7. Utilizar el equipo de protección recomendado en el punto 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contenga el sólido y cúbralo para evitar su dispersión al ambiente. Prevenga que el polvo llegue a cursos de agua.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto con pala y colocarlo en un recipiente apropiado. Barrer o aspirar evitando la dispersión de polvo. Puede ser necesario humedecerlo ligeramente. Limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

## SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. El uso de guantes es recomendado. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Mantener los recipientes cerrados.
Materiales de envasado:	el suministrado por el fabricante.
Productos incompatibles:	Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases. Trifluoruro de bromo; permanganato de potasio más ácido sulfúrico.

## SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

### 8.1 Parámetros de control

CMP (Res. MTESS 295/03):	N/A
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/A
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/A
TLV-TWA (ACGIH):	N/D
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	N/D
IDLH (NIOSH):	N/D
PNEC (agua):	0,1 mg/l (F = 1000)
PNEC (mar):	0,1 mg/l (F = 100)
PNEC-STP:	10 mg/l (F = 100)

### 8.2 Controles de exposición

#### 8.2.1 Controles técnicos apropiados

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.

#### 8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC o nitrilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para polvo (P2). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

## SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Sólido cristalino.
----------------	--------------------

Color:	Blanco.
Olor:	inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	7
Punto de fusión / de congelación:	770°C (1418°F)
Punto / intervalo de ebullición:	1500°C (2732°F) - subl.
Tasa de evaporación:	N/A
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/A
Límites de inflamabilidad:	N/A
Presión de vapor (20°C):	N/A
Densidad de vapor (aire=1):	N/D
Densidad (20°C):	1,987 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (25°C):	355 g/l en agua
Coef. de reparto (logK <sub>ow</sub> ):	N/A
Temperatura de autoignición:	N/A
Temperatura de descomposición:	no se observó descomposición hasta 1000°C
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/A
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII de REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula n 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, n puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles

## 9.2 Información adicional

Otras propiedades: Ninguna.

## SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### 10.1 Reactividad

El material no reaccionará de forma peligrosa.

### 10.2 Estabilidad química

No provoca reacciones peligrosas si se manipula y se almacena con arreglo a las normas. Almacenado a temperaturas ambiente normales (de -40°C a +40°C), el producto es estable y no requiere estabilizantes.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

El material no desarrollará polimerización peligrosa.

#### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas y humedad.

#### 10.5 Materiales incompatibles

Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases. Trifluoruro de bromo; permanganato de potasio más ácido sulfúrico.

#### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

## SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda:	DL50 oral (rata, OECD420): 700 mg/kg DL50 der (conejo, OECD 402): 6000 mg/kg ETA-CL50 inh. (rata, 4hs., OECD 403): N/D
Irritación o corrosión cutáneas:	Irritación dérmica (conejo, OECD 404): no irritante
Lesiones o irritación ocular graves:	Irritación ocular (conejo, OECD 405): no irritante
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, OECD 406): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, OECD 403): n sensibilizante

#### Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:

No se dispone de información sobre ningún componente de este producto, que presente niveles mayores iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).

#### Efectos agudos y retardados:

Vías de exposición: Inhalatoria, contacto dérmico y ocular.

Inhalación: puede producir irritación.

Contacto con la piel: puede producir resecaimiento de la piel.

Contacto con los ojos: puede causar irritación por abrasión mecánica.

Ingestión: no se conocen efectos.

## SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA

### 12.1 Toxicidad

CL50 (P. promelas, OECD 203, 96 h): 880 mg/l  
CE50 (D. magna, OECD 202, 24 h): 580 mg/l  
CE50 (D. subspicatus, OECD 201, 72 h): > 100 mg/l  
CE50 (T. pyriformis, OECD 209, 3 h): > 100 mg/l  
CSEO (P. promelas, OECD 204, 7 d): 500 mg/l  
CE50 (D. magna, OECD 211, 14 d): N/A

### 12.2 Persistencia y degradabilidad

BIODEGRADABILIDAD (-): El producto es inorgánico.

### 12.3 Potencial de bioacumulación

Log K<sub>ow</sub>: N/A

BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D

#### 12.4 Movilidad en el suelo

LogK<sub>oc</sub>: N/D  
CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D

#### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

El criterio de PBT y mPmB de REACH no aplica a sustancias inorgánicas.

#### 12.6 Otros efectos adversos

AOX y contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos ni metales.

### SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente e materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos. Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada.

Procedimiento de disposición: tratamiento de aguas residuales, o disposición en relleno sanitario.

### SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

#### 14.1 TRANSPORTE TERRESTRE

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Cantidad limitada y exceptuada:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

#### 14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropriado para Embarque:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
CRE:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

#### 14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)

##### Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
UN/ID N°:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
EMS:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Estiba y Segregación:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Contaminante Marino:	NO
Nombre para la documentación de transporte:	NOT CLASSIFIED AS A DANGEROUS GOODS

## SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).  
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): 0% a 21°C.

## SECCIÓN 16 – OTRAS INFORMACIONES

### 16.1 Abreviaturas y acrónimos

N/A: no aplicable.

N/D: sin información disponible.

CAS: Servicio de Resúmenes Químicos

IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Valor Límite Umbral

TWA: Media Ponderada en el tiempo

STEL: Límite de Exposición de Corta Duración

REL: Límite de Exposición Recomendada.

PEL: Límite de Exposición Permitido.

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

ETA: estimación de la toxicidad aguda.

DL<sub>50</sub>: Dosis Letal Media.

CL<sub>50</sub>: Concentración Letal Media.

CE<sub>50</sub>: Concentración Efectiva Media.

CI<sub>50</sub>: Concentración Inhibitoria Media.

|: Cambios respecto a la revisión anterior.

## 16.2 Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa nacional expresada:

México: NOM-018-STSS-2000, NMX-R-019-SCFI-2011 y ACUERDO-NOM-018-DOF-060913.

Guatemala: Código de Trabajo, decreto

1441 Honduras: Acuerdo Ejecutivo No.

STSS-053-04 Costa Rica: Decreto N°

28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445, 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.

Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.

Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.

Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015).

Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015).

Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC

90/28/Add.2. Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.

Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 56 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).

International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.

## 16.3 Clasificación y procedimiento utilizado para determinar la clasificación de la mezcla

Procedimientos de acuerdo al SGA/GHS Rev. 5.

La clasificación se ha efectuado en base a análogos químicos y a información del producto.

SECCIÓN 2: clasificación por analogía con otros productos, y en base a datos del producto.

SECCIÓN 9: datos del producto.

Inflamabilidad: conforme a datos de ensayos.

SECCIÓN 11 y 12: analogía con otros productos.

Toxicidad aguda: método de cálculo de estimación de toxicidad aguda.

El procedimiento de decisión adoptado en la clasificación, podría basarse en la estimación puntual de los valores de toxicidad utilizados para el cálculo de la ETA.

**Clasificación NFPA 401****Clasificación HMIS®****PROTECCIÓN PERSONAL E**

La información indicada en esta Hoja de Seguridad fue recopilada e integrada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores de materia prima. La información relacionada con este producto puede variar, si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular en procesos específicos. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este producto específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico capacitado. Esta hoja de seguridad no pretende ser completa o exhaustiva, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales no contempladas en este documento.

**16.5 Control de cambios**

- Enero 2014. Se actualizan las secciones 1, 15 y 16.
- Mayo 2014. Se agrega clasificación HMIS.
- Agosto 2014. Se detalla sección 14.
- Abril de 2016. Se crea la FDS según el Sistema Globalmente Armonizado.

## MSDS- HOJA DE SEGURIDAD: CLORURO DE SODIO

### SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

#### 1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: CLORURO DE SODIO

### SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

##### CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Este producto no cumple los criterios para clasificarse en una clase de peligro con arreglo a la Resolución 801/2015 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, dependiente del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. Sin embargo, se facilitará una ficha de datos de seguridad a pedido.

#### 2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma: NINGUNO

Palabra de advertencia: SIN PALABRA DE ADVERTENCIA

#### 2.3 Otros peligros

Ninguno.

### SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

#### 3.1 Sustancia

Cloruro de sodio (CAS 7647-14-5): > 99% (base seca) - Not classified

#### 3.2 Mezcla

No aplica.

## SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Si presenta dificultad respiratoria, suminístrele oxígeno. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 20 minutos. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 20 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca, y dé de beber agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: La inhalación de partículas finas puede causar irritación leve de las membranas mucosas, nariz y garganta. Los síntomas pueden incluir tos, sed y sequedad en la garganta.

Contacto con la piel: Puede causar irritación leve.

Contacto con los ojos: Puede causar irritación.

Ingestión: La ingestión de grandes cantidades puede causar irritación gastrointestinal, neuseas, vómitos y diarrea. La exposición constante puede causar deshidratación y congestión de los órganos internos.

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

## SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### 5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO<sub>2</sub>. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El producto y sus embalajes que arden en espacios cerrados por períodos largos puede producir cantidades de monóxido de carbono que llegan al límite inferior de explosividad (monóxido de carbono LEL = 12,5% en el aire). Bajo ciertas condiciones, cualquier polvo en el aire puede ser un riesgo de explosión.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

#### 5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los embalajes para evitar la ignición si fueron expuestos a calor excesivo o al fuego. Retire los embalajes si aun no fueron alcanzados por las llamas, y puede hacerlo sin riesgo.

Enfríe los embalajes con agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido, removiendo los restos hasta eliminar los rescoldos.

Prevenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

#### 5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

#### 5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como óxidos metálicos y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

## SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

#### 6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

#### 6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Usar equipo de respiración autónoma y de protección dérmica y ocular. Usar guantes protectores impermeables. Ventilar inmediatamente, evitando la generación de nubes de polvo. No permitir la reutilización del producto derramado.

Tener en cuenta la información y recomendaciones de las secciones 5 y 7. Utilizar el equipo de protección recomendado en el punto 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contenga el sólido y cúbralo para evitar su dispersión al ambiente. Prevenga que el producto llegue a cursos de agua.

## SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. El uso de guantes es recomendado. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol.  
Mantener los recipientes cerrados.

Materiales de envasado: el suministrado por el fabricante.

Productos incompatibles: Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases.

## SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

### 8.1 Parámetros de control

CMP (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	N/D
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	N/D
IDLH (NIOSH):	N/D
PNEC (agua):	N/D
PNEC (mar):	N/D
PNEC-STP:	N/D

### 8.2 Controles de exposición

#### 8.2.1 Controles técnicos apropiados

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.

#### 8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara: Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).

Protección de la piel: Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC o nitrilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.

Protección respiratoria: En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para polvo (P2). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

## SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Sólido cristalino
Color:	Blanco.
Olor:	Inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	6,7 - 7,3 (solución acuosa)
Punto de fusión / de congelación:	801°C (1473°F)
Punto / intervalo de ebullición:	1465°C (2669°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/D
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	N/D
Densidad de vapor (aire=1):	N/D
Densidad (20°C):	2,165 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (20°C):	36 g / 100 ml, en agua. Soluble en glicerol; muy poco soluble en alcohol.
Coef. de reparto (logKo/w):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	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.

### 9.2 Información adicional

Otras propiedades: Índice de refracción: 1,5442

## SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### 10.1 Reactividad

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No reacciona con el agua.

## 10.2 Estabilidad química

No provoca reacciones peligrosas si se manipula y se almacena con arreglo a las normas.

Almacenado a temperaturas ambiente normales (de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ ), el producto es estable y no requiere estabilizantes.

#### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas y humedad.

#### 10.5 Materiales incompatibles

Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases.

#### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

### SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

#### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda:	ETA-DL50 oral (rata, calc.): > 2000 mg/kg ETA-DL50 der (conejo, calc.): > 2000 mg/kg ETA-CL50 inh. (rata, 4hs., calc.): > 5 mg/l
Irritación o corrosión cutáneas:	Irritación dérmica (conejo, estim.): no irritante
Lesiones o irritación ocular graves:	Irritación ocular (conejo, estim.): no irritante
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, estim.): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, estim.): no sensibilizante

#### Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:

No se dispone de información sobre ningún componente de este producto, que presente niveles mayores o iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).

En pruebas de laboratorio, una sola inyección subcutánea de cloruro de sodio a ratonas preñadas en dosis de 2500 mg/Kg ocasionó muerte y deformaciones fetales.

En pruebas de laboratorio, ratonas que recibieron una solución de NaCl al 2% en vez de agua potable durante la preñez, dieron descendientes hipertensos al llegar a adultos.

#### Efectos agudos y retardados:

Vías de exposición: Inhalatoria, contacto dérmico y ocular.

Inhalación: La inhalación de partículas finas puede causar irritación leve de las membranas mucosas, nariz y garganta. Los síntomas pueden incluir tos, sed y sequedad en la garganta.

Contacto con la piel: Puede causar irritación leve.

Contacto con los ojos: Puede causar irritación.

Ingestión: La ingestión de grandes cantidades puede causar irritación gastrointestinal, neuseas, vómitos y diarrea. La exposición constante puede causar deshidratación y congestión de los órganos internos.

### SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA

#### 12.1 Toxicidad

ETA-CE50 (O. mykiss, calc., 48 h): > 100 mg/l  
ETA-CE50 (D. magna, calc., 48 h): > 100 mg/l  
ETA-CE50 (P. subcapitata, calc., 48 h): > 100 mg/l  
ETA-CSE0 (T. pyriformis, calc., 48 h): > 100 mg/l  
ETA-CSE0 (D. rerio, calc., 14 d): > 1 mg/l  
ETA-CSE0 (D. magna, calc., 14 d): > 1 mg/l

### 12.3 Potencial de bioacumulación

Log Ko/w: N/D

BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D

### 12.4 Movilidad en el suelo

LogKoc: N/D

CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D

### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios PBT del anexo XIII del reglamento REACH. Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios mPmB del anexo XIII del reglamento REACH.

### 12.6 Otros efectos adversos

AOX y contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos ni metales.

## SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de disposición: tratamiento de aguas residuales o disposición en relleno sanitario.

## SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

### 14.1 TRANSPORTE TERRESTRE

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Cantidad limitada y exceptuada:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

### 14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropriado para Embarque:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
CRE:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Disposiciones especiales:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

### 14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)

#### Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
UN/ID N°:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

## SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).  
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): N/D

## SECCIÓN 16 – OTRAS INFORMACIONES

### 16.1 Abreviaturas y acrónimos

N/A: no aplicable.

N/D: sin información disponible.

CAS: Servicio de Resúmenes Químicos

IARC: Agencia Internacional para la Investigación del  
Cáncer

ACGIH: American Conference of Governmental  
Industrial Hygienists.

TLV: Valor Límite Umbral

TWA: Media Ponderada en el tiempo

STEL: Límite de Exposición de Corta Duración

REL: Límite de Exposición Recomendada. PEL:

Límite de Exposición Permitido.

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el  
Trabajo.

ETA: estimación de la toxicidad aguda.

DL50: Dosis Letal Media.

CL50: Concentración Letal Media. CE50:

Concentración Efectiva Media. CI50:

Concentración Inhibitoria Media.

|: Cambios respecto a la revisión anteri

## 16.2 Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa nacional expresada:

México: NOM-018-ST5-2000, NMX-R-019-SCFI-2011 y ACUERDO-NOM-018-DOF-060913.

Guatemala: Código de Trabajo, decreto

1441 Honduras: Acuerdo Ejecutivo No.

STSS-053-04 Costa Rica: Decreto N°

28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445, 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.

Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.

Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.

Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015). Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015). Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC90/28/Add.2. Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.

Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 56 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).

International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.

## 16.3 Clasificación y procedimiento utilizado para determinar la clasificación de la mezcla

Procedimientos de acuerdo al SGA/GHS Rev. 5.

La clasificación se ha efectuado en base a análogos químicos y a información del producto. SECCIÓN 2: clasificación por analogía con otros productos, y en base a datos del producto. SECCIÓN 9: datos del producto.

Inflamabilidad: conforme a datos de ensayos.

SECCIÓN 11 y 12: analogía con otros productos.

Toxicidad aguda: método de cálculo de estimación de toxicidad aguda.

Clasificación NFPA /04



Clasificación HMIS®

<b>SALUD</b>	<b>1</b>
<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>0</b>
<b>PELIGROS FÍSICOS</b>	<b>0</b>
<b>PROTECCIÓN PERSONAL</b>	<b>E</b>

PERSONAL PROTECTION INDEX	
A	SPC + 4E + 2P
B	SPC + 4E
C	SPC + 4E + 2P
D	SPC + 4E + 2P
E	SPC + 4E + 2P
F	SPC + 4E + 2P

La información indicada en esta Hoja de Seguridad fue recopilada e integrada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores de materia prima. La información relacionada con este producto puede variar, si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular en procesos específicos. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este producto específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico capacitado. Esta hoja de seguridad no pretende ser completa o exhaustiva, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales no contempladas en este documento.

### 16.5 Control de cambios

Agosto de  
2016

Se crea la FDS según el Sistema Globalmente Armonizado.

*Capítulo N° 10:*  
*Localización de Planta*

La ubicación de la planta es una decisión estratégica que tendrá una influencia vital para las operaciones de la empresa.

Su costo de producción, la rapidez de la respuesta de los pedidos, su facilidad para crecer, impuestos que debe pagar, la inversión inicial en terrenos y construcción, la facilidad para obtener refacciones, materias primas y servicios eficientes y de bajo costo dependen de la ubicación de la planta.

- ***Inversión inicial:*** La localización de la planta se ve influenciada en gran medida por las facilidades que brindan los estados para el desarrollo industrial, si bien la adquisición de terrenos a bajo costo debe tenerse en cuenta son muy importantes a la hora de evaluar los costos de construcción y las regulaciones respecto a contaminantes ambientales que existen en un determinado punto de ubicación. En general los lugares mejor ubicados tienen costos más altos en terrenos, regulaciones ambientales más estrictas, pero son más baratos en su construcción.
- ***Costos y tiempos de producción:*** La cercanía con las fuentes de abastecimientos como materias primas al igual que con los centros consumidores bajan los costos de transporte y tiempo de entrega de pedidos agilizando las operaciones de la planta.
- ***Recursos materiales:*** el desabastecimiento de refacciones energéticas o agua puede interrumpir y parar la marcha de la empresa. La región de asentamiento de la planta debe de contar con la infraestructura necesaria para proveerle a ella de los insumos necesarios para su operación.
- ***Recursos humanos:*** la disponibilidad de mano de obra es un factor importante para decidir la ubicación de la planta. Además, se requiere de mano de obra calificada.
- ***Comunicaciones:*** La infraestructura de ferrocarriles, carreteras, transportes y servicios de carga mantienen las operaciones ágiles y a costos bajos y puede ser la diferencia entre una operación continua o con interrupciones por falta de opciones y diversidad.

#### **10. Nivel de complejidad ambiental:**

El nivel de complejidad ambiental es un punto clave para decidir la ubicación de la planta industrial. Dependiendo del nivel de complejidad ambiental que presenta nuestra empresa, es decir, del grado de peligrosidad que esta puede causar al medioambiente y a la sociedad, corresponderá un cierto número limitado de posibles zonas para la ubicación de la planta.

Las entidades de medioambiente solo permitirán la ubicación de la planta en la zona o parque industrial correspondiente a su categoría, para evitar posibles riesgos ambientales.

De acuerdo al decreto 1741/96 de la ley de radicación industrial (11459), el nivel de complejidad ambiental (N.C.A) se expresa por medio de la ecuación:

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

- **Ru:** la clasificación de la actividad por rubro, que incluye la índole de las materias primas, de los materiales que manipulen, elaboros o almacenen, y en el proceso que desarrollen.
- **ER:** la calidad de los efluentes y residuos que genere.
- **Ri:** los riesgos potenciales de la actividad, a saber: incendio, explosión, químico, acústico y por aparatos a presión que puedan afectar a la población o al medioambiente circundante.
- **Di:** La dimensión del emprendimiento, considerando la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie.
- **Lo:** la localización de la empresa, teniendo en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee.

A continuación, realizaremos el estudio para ver el Nivel de complejidad ambiental que presenta nuestra empresa.

- **Rubro (Ru):** de acuerdo con la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, esta industria pertenece al grupo 3

### **Grupo 3: se le asigna valor de 10 puntos**

- **Efluentes y residuos (ER):** La calidad (y en algún caso cantidad) de los efluentes y residuos que genere el establecimiento se clasifican como de tipo 0, 1, 2, 3 ó 4 según el siguiente detalle:

#### Tipo 0 = valor 0

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

#### Tipo 1 = valor 3

- Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.
- Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos peligrosos o que no pudiesen generar residuos peligrosos. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.

- Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos peligrosos o de establecimientos que no pudiesen generar residuos peligrosos que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos peligrosos, con una generación menor a 10 (diez) kg de masa de residuos peligrosos por mes —promedio anual.

Notas:

La masa de residuos peligrosos generados por mes debe tomarse como la sumatoria de la concentración de las sustancias peligrosas generadas por volumen de residuo, o para el caso de los operadores de residuos peligrosos, la masa total de residuos resultante luego del tratamiento.

Se entenderá por residuos peligrosos a los comprendidos en el ANEXO I con características de peligrosidad del ANEXO III del Convenio de Basilea para movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y otros, aprobado por Ley Nº 23.922.

Se entenderá por sustancias peligrosas a todas las sustancias que posean características de peligrosidad del ANEXO III de la norma citada precedentemente.

Tipo 2 = valor 6

- Gaseosos: Ídem Tipo 0 ó 1.

- Líquidos: con residuos peligrosos, o que pudiesen generar residuos peligrosos. Que posean o deban poseer más de un tratamiento.

- Sólidos y Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos peligrosos, con una generación mayor o igual a 100 (cien) kg pero menor a 500 (quinientos) kg de masa de residuos peligrosos por mes —promedio anual—.

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.

**Los efluentes y residuos generados en nuestra industria serán del tipo 2 (siendo su valor =6)**

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

- Riesgo por aparatos sometidos a presión

- Riesgo acústico

- Riesgo por sustancias químicas

- Riesgo de explosión

- Riesgo de incendio.

**Ri=5**

- **Dimensionamiento (Di)**: La dimensión del establecimiento tendrá en cuenta la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie:

- Cantidad de personal: hasta 15 personas = valor 0; entre 16 y 50 personas = valor 1; entre 51 y 150 personas = valor 2; entre 151 y 500 personas = valor 3; más de 500 personas = valor 4.

- 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.

- 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.

$$Di = 2+3+3 = 8$$

- **Localización (Lo)**: La localización del establecimiento, tendrá en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee.

- Zona: Parque industrial = valor 0; Industrial Exclusiva y Rural = valor 1; el resto de las zonas = valor 2.

$$Zona = 1$$

- Infraestructura de servicios: Agua, Cloaca, Luz, Gas. Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5.

$$Infraestructura = 0$$

$$Lo = 1$$

Analizando cada uno de estos ítems, el nivel de complejidad ambiental para nuestra industria nos arroja un valor de:

$$N.C.A = 10 + 6 + 5 + 8 + 1 = 30$$

De acuerdo con los valores del NCA que arrojen las combinaciones de variables establecidas, las industrias y actividades de servicio se clasificarán, con respecto a su riesgo ambiental, en:

**1. PRIMERA CATEGORIA (hasta 11 puntos inclusive):**

Incluirá aquellos establecimientos que se consideren inocuos porque su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad o higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al medio ambiente (Ej: panadería)

**2. SEGUNDA CATEGORIA (12 a 25 puntos inclusive):**

Incluirá aquellos establecimientos que se consideran incómodos porque su funcionamiento constituye una molestia para la salubridad e higiene de la población u ocasiona daños a los bienes materiales y al medio ambiente (Ej: confección de prendas)

**3. TERCERA CATEGORIA (mayor de 25):**

Incluirá aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente. Aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque elaboran y/o manipulan sustancias inflamables, corrosivas, de alta reactividad química, infecciosas, teratogénicas, mutagénicas, carcinógenas y/o generan residuos especiales de acuerdo con lo establecido por la Ley 11.720, que pudieran constituir un riesgo para la población circundante u ocasionar daños graves a los bienes y al medio ambiente, serán considerados de tercera categoría independientemente de su Nivel de Complejidad Ambiental (Ej: industria química)

***El puntaje obtenido de NCA=30 corresponde a una industria de categoría 3***

### **10.1. Micro y Macro Localización:**

#### Macro localización:

- Región geográfica: CUYANA

#### Micro localización:

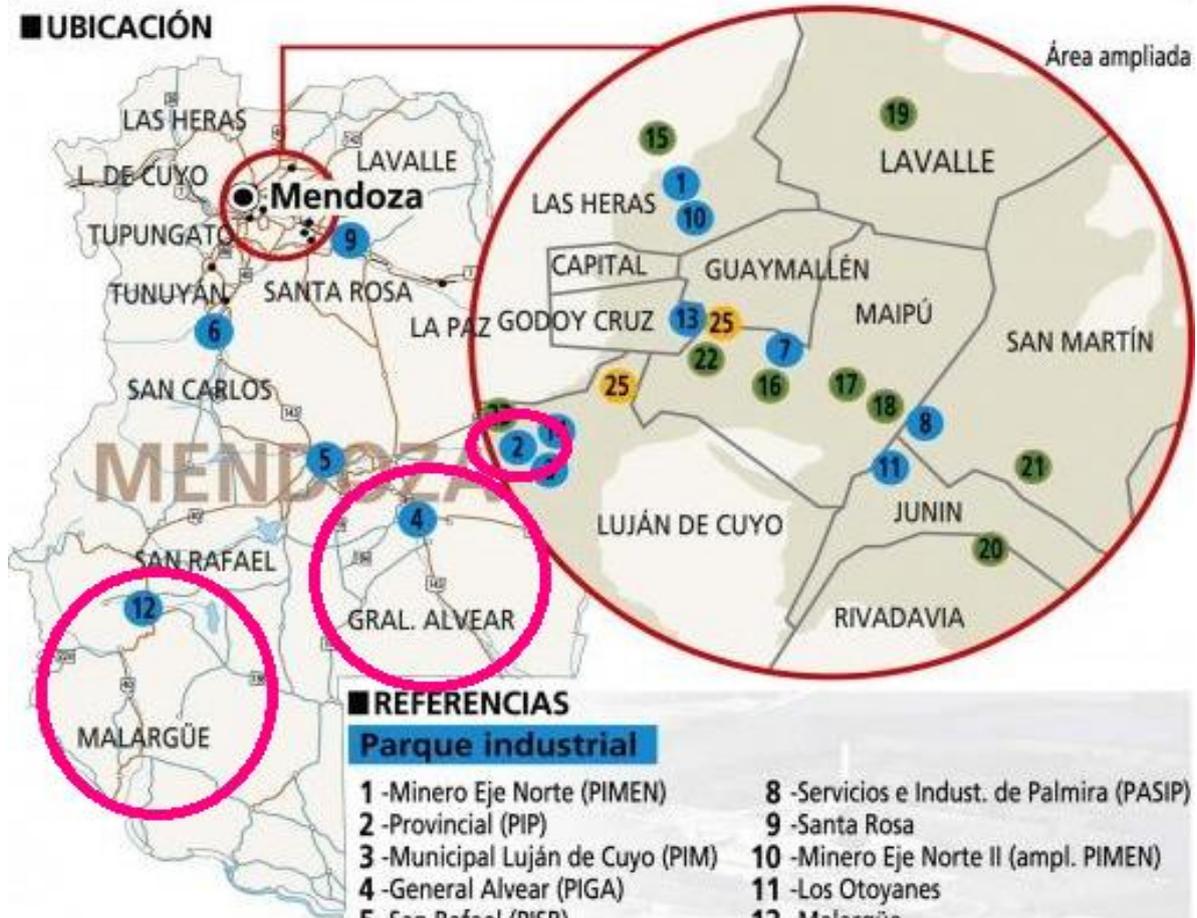
- Puntos exactos: MALARGUE  
PARQUE INDUSTRIAL PROVINCIAL  
PARQUE INDUSTRIAL GENERAL ALVEAR

### **Regiones Geográficas**



# Parques industriales en Mendoza

## UBICACIÓN



## REFERENCIAS

### Parque industrial

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1 -Minero Eje Norte (PIMEN)        | 8 -Servicios e Indust. de Palmira (PASIP) |
| 2 -Provincial (PIP)                | 9 -Santa Rosa                             |
| 3 -Municipal Luján de Cuyo (PIM)   | 10 -Minero Eje Norte II (ampl. PIMEN)     |
| 4 -General Alvear (PIGA)           | 11 -Los Otoyanes                          |
| 5 -San Rafael (PISR)               | 12 -Malargüe                              |
| 6 -Zona Centro San Carlos (PIZCSC) | 13 -Mendoza TIC Parque Tecnológico        |
| 7 -Empresarial de Maipú            | 14 -Biotécnico y de Energías Renovables   |

### Zona industrial

- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| 15 -Cementera         | 20 -Rivadavia                      |
| 16 -Carril Gómez      | 21 -San Martín                     |
| 17 -Fray Luis Beltrán | 22 -Alcoholera                     |
| 18 -San Roque         | 23 -Zona Franca Mdza. (dentro PIP) |
| 19 -Lavalle           |                                    |

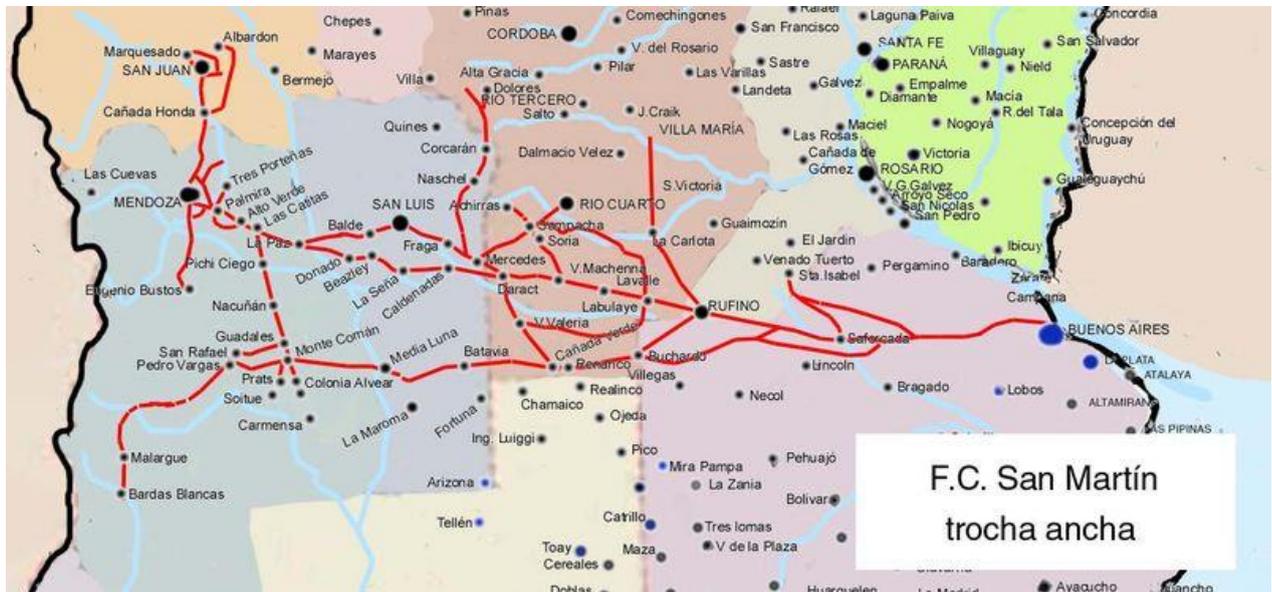
### Áreas industriales

- |  |
|--|
| 24 -Rodríguez Peña (Zona Industrial Mendoza) |
| 25 -Área Industrial Lateral Este Acceso Sur  |

Rutas de la provincia de Mendoza:



## Rutas ferroviarias de la provincia:



### 10.2 Factores Locacionales:

1. Factores geográficos: condiciones naturales que rigen en las distintas zonas del país, los niveles de contaminación y los medios de comunicación
  - Materias primas disponibles
  - Cercanía de mercado
  - Niveles de contaminación
2. Factores económicos: relacionados con los costos de transporte de las materias primas y productos terminados, costos de los servicios auxiliares y mano de obra y costos de los terrenos
  - Costos de transporte de materias primas
  - Costos de producto terminado
  - Costos de terrenos

### **10.3 Aspectos económicos:**

Las variables claves que se pueden encontrar en la planificación estratégica son:

- Calidad de la materia prima
- Disponibilidad
- Capacidad de los equipos
- Necesidades ambientales
- Calidad del producto

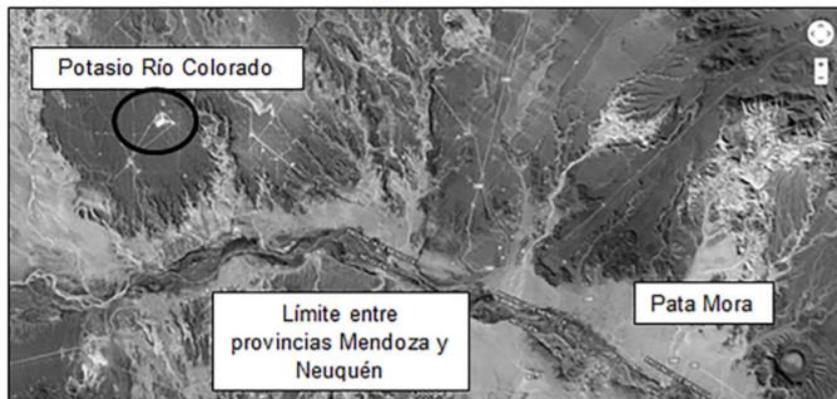
Los costos de las materias primas son los elementos de mayor costo durante la vida útil de una planta y por lo general representando entre el 40% y el 90% de los costos totales de fabricación.

La ubicación de la planta va a depender exclusivamente de la cercanía/disponibilidad de las materias primas.

### **10.4 Localización de planta**

Contemplando la ubicación del yacimiento donde se realizará la extracción de la solución de silvinita, que se ubica en el extremo sur de la provincia de Mendoza, próximo al Río Colorado y a la localidad Pata Mora en el departamento de Malargüe y dada la enorme necesidad de cercanía, ya que nuestra materia prima será almacenada en grandes piletones sobre el yacimiento. Nuestra planta de tratamiento de silvinita y producción de Cloruro de Potasio, se ubicará en dicha zona.

**Imagen 1. Imagen satelital del Proyecto Potasio Río Colorado y zonas aledañas**





Para el proceso de producción cloruro de potasio, se recepcionará como materia prima una solución llamada silvinita, la cual es obtenida a través de la llamada minería por disolución, un método de explotación que consiste en bombear agua caliente hacia la zona que contiene el mineral desde 1.100 metros a 2500 metros de profundidad. Allí y con la acción del agua, los minerales son disueltos para luego ser ascendidos hacia la superficie a través de un pozo de recuperación. Es así que el proyecto minero previo al proceso de separación de la sal en cuestión, contempla la excavación de pozos, donde se inyectará agua a presión, logrando la extracción de ambas sales (cloruro de potasio más cloruro de sodio). Ya en superficie las dos sales serán separadas mediante diferentes operaciones unitarias.

Se estima que las reservas geológicas del depósito rondan en 2000 millones de toneladas, lo que ubica a este yacimiento en la categoría de depósito de clase mundial (WCD), teniendo en cuenta que la producción y el consumo anual de cloruro de potasio en su aplicación como fertilizante ronda las 30 millones de toneladas. Estimándose su vida útil en más de 50 años.

## *Capitulo N° 11*

### *Puesta en Marcha Operativa*

### **11.1 Introducción**

Una vez construida la planta de producción de cloruro de potasio, para empezar a producir en continuo, será necesario realizar la puesta en marcha de ésta. La puesta en marcha para una planta química que opera en continuo es un proceso complejo ya que se debe llegar al estado estacionario en todos los equipos del proceso productivo.

Para poner en marcha la planta hay una serie de pasos y protocolos que hay que seguir para minimizar o eliminar cualquier tipo de complicación.

En primer lugar, se establecerán unas tareas previas que consisten en la realización de una serie de pruebas para comprobar que los equipos que se encuentran en la planta funcionan correctamente.

En segundo lugar, se pondrán en marcha los servicios de planta, que son aquellos que proporcionan los fluidos necesarios para el funcionamiento del resto de equipos.

Por último, se hará la puesta en marcha de la planta, para ello, será necesario el seguimiento de una serie de indicaciones para tal efecto. La puesta en marcha de la planta puede darse de tres maneras diferentes:

- Puesta en marcha desde cero.
- Puesta en marcha después de una parada de emergencia.
- Puesta en marcha después de una parada estipulada, por razones de mantenimiento generalmente.

En el caso de la parada de emergencia, la puesta en marcha de la planta puede convertirse en una situación muy compleja de resolver, ya que la parada de emergencia puede deberse a muchos motivos y por lo tanto los puntos de partida de los cuales se inicia la puesta en marcha pueden ser muy diversos.

En todos los casos de parada de emergencia de un equipo, antes de encenderlo se deberá:

Asegurar que se encuentra efectivamente reparado, manteniendo la seguridad de las personas que lo van a operar.

Se deberá verificar previamente que los servicios auxiliares estén operativos y que las válvulas estén en la posición correcta.

Si el equipo debe contener cierto volumen de operación primero se deberá llegar al mismo antes de habilitar la descarga.

### **11.2 Tareas previas a la puesta en marcha**

Antes de la puesta en marcha se deben realizar un conjunto de tareas previas para verificar que todo está preparado y organizado para que no existan complicaciones durante la puesta en marcha.

#### 1. Organización.

- Organización del personal y de los turnos.
- Comprobar disponibilidad de los proveedores.
- Comprobar stock de materiales y recambios en el almacén de la planta.
- Comprobar que los equipos, tuberías e instrumentación instalada se corresponden con la documentación.
- Comprobar y actualizar los protocolos.

#### 2. Inspección

- Equipos.
- Tuberías y accesorios.
- Instrumentación.
- Cableado.
- Aislantes.
- Estructuras.
- Medidas anticorrosivas.

- Señalización.
- Medidas contra incendios.
- Material de protección personal.

### 3. Test

- Pruebas de presión.
- Pruebas de paso y continuidad.
- Pruebas de estanqueidad.

### 4. Mantenimiento

- Calibración del instrumental.
- Limpieza de los equipos.
- Sustitución de piezas o equipos en mal estado.

#### 11.2.1 Servicios generales de la planta.

Los servicios incorporados a la planta tienen que estar activos y operativos, estos deberán presentar una gran fiabilidad y, por lo tanto, necesitarán un riguroso mantenimiento para cumplir estas expectativas.

Generalmente los equipos de servicios son instalados por empresas externas especializadas y, por lo tanto, se recurrirá al personal de mantenimiento de dichas empresas para que aseguren que la instalación y el funcionamiento sea el correcto.

#### 11.2.2 Equipos de Proceso.

##### 11.2.2.1 Pruebas hidráulicas y de presión.

Las pruebas hidráulicas consisten en la introducción de una mezcla de agua y pigmento por todo el circuito de tuberías de la planta, de esta manera se consigue localizar con facilidad la presencia de fugas, poros y errores en las soldaduras de tuberías, uniones, válvulas, bombas y accesorios.

Las pruebas hidráulicas también permiten comprobar que los equipos que tienen que soportar peso no sufren vibraciones o deformaciones mecánicas durante la operación.

El propósito de estas pruebas es recoger datos relacionados con el análisis mecánico de parámetros que puedan ser potencialmente peligrosos para el sistema, como la vibración o las deformaciones durante las pruebas efectuadas.

Estas pruebas solamente se llevan a cabo después de la construcción de la planta para comprobar que todas las unidades del proceso y áreas implicadas funcionen adecuadamente.

Es importante que una vez terminadas las pruebas se purgue cada línea totalmente y se seque el circuito del proceso con aire, ya que podrían producirse problemas de contaminación o incompatibilidades en el proceso de puesta en marcha con los fluidos del proceso.

Finalmente, las pruebas de presión son similares a las hidráulicas, aunque consisten en el paso de un gas seco, en este caso aire, para comprobar que los equipos del proceso cumplen estrictamente las condiciones de presión máxima generadas y garantizan la seguridad y condición mecánica estipulada en el diseño.

#### 11.2.2.2 Puesta a punto de bombas y compresores

En el caso de la puesta a punto de equipos de bombeo, es importante tener en cuenta el óptimo funcionamiento de las bombas peristálticas utilizadas en la planta. Los rodillos de una bomba peristáltica comprimen la manguera al girar, creando un vacío que succiona fluido a través de la manguera. Tan solo la manguera de la bomba entra en contacto con el fluido, eliminando el riesgo de que la bomba contamine el fluido o a la inversa y especialmente disminuyendo el riesgo de roturas y/o corrosión del equipo por contacto con salmuera.

Pese a que dichas bombas son autocebantes se deberá respetar el protocolo de puesta en marcha y evitar, la presencia de aire en ellas y poder evitar una posible cavitación en las mismas.

Será muy importante la correcta inspección y mantenimiento de las mismas a fin de evitar la presencia de roturas/pinchaduras en el tramo de manguera tanto de succión como de inyección de dicha bomba. Ante una posible contingencia, es muy sencillo realizar el cambio de dicha manguera.

En caso de una aspiración negativa se emplearán métodos alternativos de cebado, como llenar la tubería y la bomba con una fuente de alimentación externa del fluido conectada al orificio de cebado y aflojando el tapón de purga.

En cuanto a los equipos de compresión se requiere abrir la válvula de purgado que incorporan en el depósito que presentan y abrir el regulador de gas de salida. Seguidamente el compresor desprenderá aire por la salida y por la válvula de purgados: hay que mantenerlo en funcionamiento unos minutos para que las impurezas que pueda haber salgan durante este procedimiento.

A continuación, se tiene que realizar la conexión con su respectiva salida de aire y esperar hasta que el depósito de aire esté totalmente cargado y verificar que se detiene al llegar a la presión máxima.

#### 11.2.2.3 Puesta a punto de servicios

Antes de hacer la puesta en marcha de todos los equipos de la planta se deben poner en marcha los servicios de ésta.

- **Caldera de vapor:** Primero se debe llenar de con agua pretratada, seguidamente, se encenderá el compresor. Cuando la caldera se encuentra en funcionamiento, se espera a que el agua llegue a la temperatura y presión requeridas para que el proceso se lleve a cabo de forma correcta. Una vez se llega a las condiciones óptimas, se suministrará el vapor a los equipos que lo requieran
- **Torre de refrigeración:** Estas operan también utilizando agua pretratada. Para llegar a la temperatura de refrigeración necesaria se recircula el fluido en circuito cerrado para llegar al estado estacionario y a las condiciones óptimas. Una vez se llega a la temperatura de operación, se suministrará el fluido refrigerante a todos los equipos que lo requieren para su función.
- **Agua contra incendios:** Su puesta en marcha simplemente consistirá en llenar las piscinas de agua (cisterna) y cañerías correspondientes y activar el sistema de gestión contra incendios.
- **Aire comprimido:** Este servicio servirá para poder poner en funcionamiento todas las válvulas de control y neumáticas.

### 11.3 Puesta en marcha de la planta

La puesta en marcha de la planta de producción de KCL se divide en diferentes secciones, tantas como áreas tiene la planta. Este punto tiene la finalidad de redactar el protocolo de actuación para un buen funcionamiento de los equipos del proceso y evitar fallos del sistema.

La puesta en marcha de los intercambiadores de calor se realizará progresivamente mediante el sistema de control que regulará el caudal de refrigerante/vapor según las necesidades del proceso.

### 11.3.1 Área de pretratamiento

Esta área corresponde básicamente al área de recepción, abastecimiento y almacenaje de silvinita, la cual es nuestra materia prima utilizada a lo largo de todo el proceso y, además, se contempla en esta área el proceso de filtración y centrifugación como parte del acondicionamiento antes del ingreso a nuestra etapa de evapo-cristalización. Para lograr el abastecimiento de silvinita se debe llenar la pileta de almacenaje que se encuentra próxima al yacimiento en la ciudad de Malargue, al igual que toda la instalación de nuestra planta:

11.3.1.1 La pileta principal estará conectada mediante un conducto directo con el yacimiento.

11.3.1.2 Ante la necesidad de abastecimiento o detección de bajo nivel en dicha pileta de deberá iniciar la apertura de la válvula de ingreso. Aquí se establecerá un sistema de control, pero también podrá realizarse de manera manual.

11.3.1.3 En cuanto se comienza a llenar la pileta, el control de ésta también se pone en marcha para asegurar que no se produce ninguna incidencia.

11.3.1.4 Finalizada la carga de almacenaje se procede al cierre de las válvulas.

11.3.1.5

### 11.3.2 Área de Producción

A la hora de la puesta en marcha llamaremos área productiva, al área donde ocurrirá el proceso de separación física de KCl Y NaCl mediante las operaciones unitarias de evaporación, cristalización y su posterior secado en el secador rotatorio. Dichos procesos están íntimamente relacionados y la puesta en marcha se deberá hacer de forma progresiva.

Durante ambos procesos deberá verificarse la correcta distribución y abastecimiento por parte de los servicios auxiliares, ya que los mismos serán por demás críticos para que ocurra la excelente separación de la silvinita, manteniendo las condiciones de temperatura y presión necesarias tanto para el evaporador como para el cristizador.

El protocolo para la puesta en marcha será:

1. Se abren todas las válvulas que permiten el paso de la silvinita a nuestra etapa de pretratamiento (filtración y centrifugación)
2. Se activarán los sistemas de control del evaporador, cristizador y secador: control del flujo de ingreso/ nivel, temperatura, caudal de vapor, presión de vacío.
3. Especialmente para la puesta en marcha del evaporador:
  - Verificar el sistema de condensación. Controlar el funcionamiento de la torre de enfriamiento, ventiladores, bombas y nivel de agua.
  - Comenzar la recirculación de agua refrigerada hacia el condensador

- Habilitar vapor a eyectores y al evaporador, comenzar a dar vacío al sistema.
  - Si no se obtiene el vacío requerido en un tiempo prudencial, esto puede indicar la existencia de una fuga de aire, por lo que, se deberán detener bomba y eyector para poder rastrear la fuga y repararla. Muchas veces esto puede suceder porque una junta o una junta de tapa se selló incorrectamente.
  - Poner en marcha la bomba de alimentación. Llenaremos el equipo con silvinita pretratada hasta el volumen deseado.
  - Poner en marcha la bomba de extracción de concentrado una vez que se haya alcanzado el volumen deseado.
  - Esto implicará el llenado del TK-201 y la activación de la centrifuga C-201
  - Desde la centrifuga C-201 se enviará solución (aún contendrá KCl y NaCl, ya que el sistema aún no se encuentra en régimen) hacia el tanque TK-301
4. Para la puesta en marcha del cristalizador el procedimiento tiene ciertas similitudes con la puesta en marcha del evaporador:
- Verificar el sistema de condensación. Controlar el funcionamiento de la torre de enfriamiento, ventiladores, bombas y nivel de agua.
  - Comenzar la recirculación de agua refrigerada hacia el condensador
  - Habilitar el ingreso de vapor al intercambiador de calor IC-301 que se encuentra previo a la entrada al cristalizador y será quien precaliente dicha corriente.
  - Habilitar vapor al eyector y al cristalizador, comenzar a dar vacío al sistema.
  - Si no se obtiene el vacío requerido en un tiempo prudencial, esto puede indicar la existencia de una fuga de aire, por lo que, se deberán detener bomba y eyector para poder rastrear la fuga y repararla. Muchas veces esto puede suceder porque una junta o una junta de tapa se selló incorrectamente.
  - Poner en marcha la bomba de alimentación. Alimentaremos la cantidad necesaria de solución de KCl hasta alcanzar el nivel deseado dentro del equipo
  - Una vez realizado el llenado del equipo, habilitaremos el ingreso de concentrado hacia la centrifuga C-301: como en primera instancia y hasta alcanzar las condiciones de temperatura y vacío en el cristalizador, no habrá formación de sólidos, toda la solución será enviada al tanque TK-303, desde el cual comenzaremos a recircular el 75% hacia el ingreso del cristalizador, a través de la corriente 347 previo precalentamiento en el IC-303 ( al cual previamente se le habilito el ingreso de vapor).

- Mantendremos la recirculación hasta alcanzar la presión de vacío y temperaturas especificadas por proceso.
  - Una vez logradas las condiciones del punto anterior, y recién en estas instancias del proceso comenzaremos a obtener formación de sólidos. Mantendremos el ingreso de concentrado hacia la centrifuga C-301: la parte liquidará será enviada al TK-303, donde se mantendrá el porcentaje de recirculaciones desde este equipo hacia el cristalizador a través de la corriente 347 previo precalentamiento en el IC-303 (al cual previamente se le habilito el ingreso de vapor). El resto de lo ingresado a la centrifuga, que ya será sólido para estas instancias será transportado al secador.
  - Cabe destacar que, durante el proceso de centrifugación, se llevará un estricto control de turbidez, el cual nos permitirá retirar del equipo el porcentaje de sólidos mencionado antes.
  - Ahora la consigna será mantener el proceso lo más estable posible.
5. Así mismo, se tendrá que chequear y garantizar la recirculación de vapor por los intercambiadores de calor que se encuentran luego de la recirculación del punto anterior, y en el intercambiador que se encuentra en la alimentación directa del cristalizador a fin de garantizar la óptima temperatura de ingreso a dicho proceso para poder garantizar luego el cumplimiento del régimen de tiempo de residencia del producto. En dichas líneas se deberá activar el control de temperatura.
  6. Por otro lado, se deberá asegurar la correcta distribución de aire caliente al sistema de secador rotatorio, como así el caudal de gas al quemador y la correcta potencia del motor de este, por lo cual se activará el control de temperatura a través del sensor ubicado en el interior de la cámara de secado. El objetivo es garantizar tanto la temperatura como el tiempo de residencia necesario del KCl con porcentaje de humedad 9% dentro del secador para lograr la óptima transferencia energética que permita la máxima eficiencia en el secado. En este punto es muy importante destacar que tanto el porcentaje de humedad de ingreso como el porcentaje final deberán ser estrictamente monitoreados de manera manual mediante análisis de laboratorio, quien controlará analíticamente ambos porcentajes, teniendo como objetivo de producción un valor final de humedad del KCL del 0,25% .
  7. Una vez realizada la puesta en marcha de los equipos mencionados anteriormente, se deberá llevar cada uno de los mismos a las condiciones estipuladas de proceso, por ejemplo, régimen de temperatura y presión de vacío dentro del evaporador y cristalizador. De esta forma se logra aumentar la cantidad de sólidos obtenidos a la salida del proceso.

8. De esta forma, se habrá logrado que el proceso se logre operativo y en régimen cuando los análisis fisicoquímicos de la corriente final posterior al secador 322, nos indiquen que se ha alcanzado el porcentaje de KCl y humedad del mismo deseado. Durante el proceso de puesta en marcha, el porcentaje que no se recirculará desde el tanque 303 hasta el cristizador, y que se obtuvo en el tanque de exudados 304 será devuelto a la pileta/tanque 101 (de silvinita + barros)

#### 11.3.3 Área de almacenamiento y empaque

En esta área se procederá a recibir el KCl final. Aquí nuestro producto terminado se empaquetará, almacenará y será el área específica de carga de camiones para su posterior distribución al mercado.

#### 11.4 Parada de planta

Cuando los requisitos de producción y necesidades de la planta lo requieran se realizará una parada de la planta, ya sea para efectuar labores de mantenimiento, limpieza, reparaciones, que asegurarán el buen funcionamiento de la planta una vez se vuelva a poner en marcha el proceso de producción de KCl. Se dará más importancia a la parada de todas las partes que operan en continuo del proceso, ya que serán las que se paran exclusivamente estos días.

La parada de la planta es una operación que si no se realiza correctamente puede ocasionar una pérdida importante de producto y materia prima. Eso es debido a que si no se consigue parar los equipos de forma controlada se deberá purgar gran parte del fluido de proceso.

La parada se basará en la disminución de los caudales progresivamente desde las áreas iniciales del proceso, para así ir vaciando poco a poco dichas áreas a medida que se va transformando en producto.

Una vez los niveles de líquido sean muy bajos se detendrá la operación de la producción. Los restos de líquido que queden por todo el circuito se purgarán y no podrán ser reutilizados.

# *Bibliografía*

Bibliografía de referencia:

- Manual del ingeniero químico, Perry 6ta edición.
- MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN -Diseño y cálculo Eugene F. Megyesy
- Diagrama de fases y su aplicación- L. Cisternas
- CRISTALIZACION EN DISOLUCIÓN CONCEPTOS BÁSICOS- Dr. F. Grases Freixedas
- Bioseparaciones, Segunda Edición Armando Tejada Mansir
- OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA SÉPTIMA EDICIÓN - Warren L. McCabe
- OPERATION OF A LARGE-SCALE KCl CRYSTALLIZATION PLANT W. WOHLK AND G. HOFMANN-Standard-Messo Duisburg, 41 Duisburg 1, W. Germany
- Principios básicos y cálculos en ingeniería química- Himmelblau
- Principios elementales de los procesos químicos. Felder Rousseau
- Operaciones de transferencia de masa, 2da Edición Treybal Robert
- El secado de sólidos en la industria química- G. Nonhebel, A. A. H. Moss. Ed. 1979
- Simulación de un proceso industrial de cristalización de Cloruro de Sodio (NaCl) y aplicaciones- Josefina Renedo Omaechevarría
- Mass Crystallization from solutions - GEA Messo PT
- FILTRACIÓN - Mercedes Fernández Arévalo
- INGRESO DE GAS NATURAL – MALARGÜE - Provincia de Mendoza
- Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina ISSN 0328-2333 Hoja Geológica 3569 III/3572-IV Malargüe
- Técnicas de caracterización de minerales granulares no metálicos, Cano
- Caracterización de yacimientos de áridos en el Gran Córdoba: algunas consideraciones para uso en hormigones elaborados. V. Altuna & M.Pia Cruz
- Caracterización y análisis de distintas bandas granulométricas de la arena de Ramadillas para ser utilizadas como material natural de soporte en la extracción no convencional de gas, Karen Alejandra Salgado Riquelme.
- MODELIZADO Y SIMULACIÓN DE UN CRISTALIZADOR CONTINUO INDUSTRIAL OSCILACIONES, SEMBRADO Y PROGRAMACIÓN EN SCILAB
- DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO PARA 30 TON/H DE ARENA, PARA LA EMPRESA ECOMINESA S.A

- “Diseño de una Planta Deshidratadora de Banano usando Secador Rotatorio”
- Dimensionamiento de un secador rotatorio para la mena aurífera de la empresa UEB producciones mineras “Placetas”
- Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.
- Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.
- Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.
- Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015). Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015). Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC90/28/Add.2. Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.
- Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 56 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.
- Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).
- International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.
- Páginas de internet:
- <https://condorchem.com/es/evaporadores-al-vacio-con-circulacion-forzada/>
- [https://es.qaz.wiki/wiki/Pusher\\_centrifuge](https://es.qaz.wiki/wiki/Pusher_centrifuge)
- [https://www.dzfilter.com/product/product288\\_es.html?gclid=Cj0KCQiAqo3-BRDoARIsAE5vnaLpBDaVVSmpKxOpgXm-6JYuuU5qmnKdxoCT358ibo-uYqiZRGU7mBUaAqvYwEALw\\_wcB](https://www.dzfilter.com/product/product288_es.html?gclid=Cj0KCQiAqo3-BRDoARIsAE5vnaLpBDaVVSmpKxOpgXm-6JYuuU5qmnKdxoCT358ibo-uYqiZRGU7mBUaAqvYwEALw_wcB)
- <https://www.mclanahan.com/es/blog/7-opciones-clave-que-se-deben-tener-en-cuenta-al-determinar-el-tama%C3%B1o-de-un-filtro-prensa>
- P&ID: Norma ISA S5.1. Sistemas de Instrumentación y Automatización de la sociedad.
- ISA ANSI/ISA-5.1-1984
- <https://www.edrawsoft.com/es/knowing-pid.html>

- <https://www.lenntech.es/processes/Brine-Treatment/evaporation.htm>
- <https://www.lenntech.es/processes/Brine-Treatment/crystallisation.htm>
- <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-pipe-sizing-for-steam-vent.html>  
<http://materias.fi.uba.ar/7605/>
- <https://controlautomaticoeducacion.com/>
- <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/how-to-read-a-steam-table.html>
- <https://chempds.blogspot.com/2018/12/sizing-of-a-crystallizer.html>  
<https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcicq/Bbombasytuberias.html>
- <https://mesasdedibujo.org/escalimetro-conversor-escalas/>  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-594420160003000norma](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-594420160003000norma)  
distancias
- <http://www.instalacionesindustriales.es/normativa/combustibles/ITC%20MI-IP/MI-IP-02.html> <https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-quality-and-purity-99-potassium-chloride-kcl-muriate-of-potash-60129263563.html>
- [https://www.dzfilter.com/product/product288\\_es.html?gclid=Cj0KCQiAqo3BRDoARIsAE5vnaLpBDaVVSmpKxOpgXm-6JYuuU5qmnKdxoCT358ibo-uYqiZRGU7mBUaAqvYALw\\_wcB](https://www.dzfilter.com/product/product288_es.html?gclid=Cj0KCQiAqo3BRDoARIsAE5vnaLpBDaVVSmpKxOpgXm-6JYuuU5qmnKdxoCT358ibo-uYqiZRGU7mBUaAqvYALw_wcB)